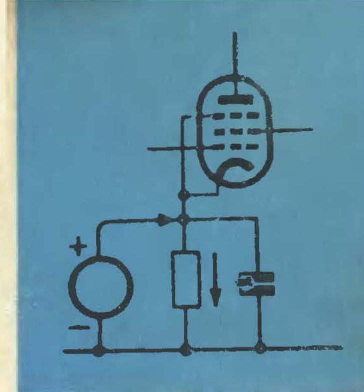
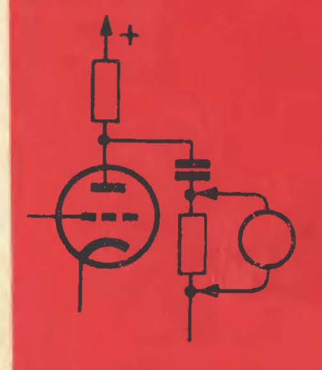
В. К. ЛАБУТИН



КНИГА РАДИО-МАСТЕРА





МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 543

В. К. ЛАБУТИН

КНИГА РАДИОМАСТЕРА

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1964 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.37/39(07)
Л12

Книга написана в виде учебного и справочного пособия для радиомастеров ремонтных мастерских и содержит сведения по установке, ремонту, налаживанию и испытанию радиовещательных и телевизионных приемников, магнитофонов и усилительных устройств. Приводятся также важнейшие сведения по математике, черчению, электрорадиотехническим расчетам, электротехническим материалам, слесарному делу и по организации радиоремонтных мастерских. Теоретические вопросы рассмотрены в тесной связи с практикой.

Книга рассчитана на радиомастеров, а также на широкий круг радиолюбителей.

Лабутин Вадим Константинович

КНИГА РАДИОМАСТЕРА

М.-Л. Издательство «Энергия», 1964, 528 стр. с рис.
(Массовая радиобиблиотека, вып. 543)
Темплан 1964 г. № 382

Редактор *Ю. И. Пленкин* Технический редактор *Е. М. Соболева*

Сдано в производство 8/V 1964 г. Подписано к печати 27/VII 1964 г.
М-45600. Печ. л. прив. 27,06. Уч.-изд. л. 36,2. Бум. л. 8,25.
Формат 84×108¹/₃₂ Тираж 200 000 экз. (1-й завод 40 000 экз.) Заказ 1854.
Цена 1 р. 60 к.

Ленинградская типография № 6 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати
Ленинград, ул. Моисеенко, д. 10

ПРЕДИСЛОВИЕ

Наша страна вступила в завершающий этап великой культурной революции. На этом этапе должны быть созданы все необходимые идеологические и культурные условия для победы коммунизма.

Среди важнейших средств коммунистического воспитания и культурной революции возрастает значение радиовещания и телевидения.

Программа КПСС предусматривает завершение радиофикации страны и строительство телевизионных центров, охватывающих все промышленные и сельскохозяйственные районы.

К концу семилетки приемная радиосеть расширится на 30 млн. точек, а количество телевизоров увеличится до 15 млн. Уже в 1963 г. наша радиопромышленность выпустила около 5 млн. радиоприемников и радиол и 2,5 млн. телевизоров.

Вместе с увеличением производства радиоаппаратуры появляется потребность в расширении сети радиоремонтных мастерских и телевизионных ателье, в повышении качества их работы.

Кадры ремонтников или, как их принято теперь называть, радиомастеров готовят технические или ремесленные училища, но значительное количество работников радиомастерских и телевизионных ателье выходят из среды радиолюбителей. На них в основном и рассчитана данная книга. Она призвана помочь опытным радиолюбителям самостоятельно ремонтировать радиоаппаратуру, а при желании стать радиомастерами. Книга может служить учебным пособием на курсах ДОСААФ, готовящих радиомастеров, и на курсах переподготовки радиоремонтников и, наконец, быть справочным пособием радиомастера. В ней собраны важнейшие сведения по ряду отраслей техники, сочетание которых составляет основу практической деятельности радиомастера.

В книге обобщены многообразные знания, которыми должен располагать квалифицированный радиомастер, начиная от элементарных приемов пользования рабочим инструментом и кончая обнаружением и устранением повреждений в радиоприборах, монтажом радиоустройств и т. д.

Сведения, необходимые для выполнения такого круга задач, не могут быть представлены в виде какого-то перечня исчерпывающих рекомендаций, который давал бы ответы на любые вопросы, возникающие в повседневной практической работе радиомастера. Только умение радиомастера самостоятельно ориентироваться в принципах работы радиоаппаратуры может указать ему наикратчайший путь к выявлению и устранению неисправностей, к которому следует прибегнуть в каждом конкретном случае. Поэтому в настоящей книге нет готовых рецептов по ремонту того или иного типа приемников, нет и подробного описания всевозможных дефектов, которые могут встретиться в радиоаппаратуре. Но она содержит значительное количество принципиаль-

ных сведений, усвоение которых даст возможность сознательно производить ремонт радиоприборов незавнсимо от их схемы.

Можно сказать, что эта книга представляет собой небольшую энциклопедию ремонтника. Читатель найдет в ней важнейшие сведения по математике, черчению, электротехнике и раднотехнике, электротехническим материалам, слесарному делу и организации радиомастерской. Он подробно познакомится со всеми узлами радиоприемника как лампового, так и транзисторного, с электро- и радиоизмерительной аппаратурой н при желании может научиться монтировать, испытывать и ремонтировать радиоаппаратуру.

Методической особенностью изложения является рассмотрение теории в тесной связи с ремонтной практикой, пояснение всякого теоретического положения и формулы примерами из практики.

Несмотря на то, что каждая глава книги представляет закончеиное изложение самостоятельного раздела, выбранная последовательность глав определена как соподчиненностью самих разделов, так и степенью использования сообщенных раньше сведений. Поэтому рекомендуется при освоении материала книги не иарушать принятой в ней последовательности.

Учитывая рост технических знаний широких кругов радиолюбителей и радномастеров, связанный с политехническим обучением, расширением сети технических училищ и развнтием радиолюбительства, автор счел возможным в предыдущем издании несколько повысить уровень изложения некоторых вопросов, особенно в третьей, четвертой и одиннадцатой главах. Полученные отклики свидетельствуют о том, что нет необходимости снижать его в данном издании.

Во второе издание была добавлена глава, посвященная вопросам установки и мелкого ремонта телевизионных приемников. Она не претендует на полноту изложения вопросов ремонта телевнзоров и призвана помочь радиомастеру в освоении работ, связанных с установкой и мелким ремонтом телевизоров.

Это было положительно оценено читателями, и в третье издание мы добавили еще главу о магнитофонах, которую написал известиый специалист по звукозаписи В. Г. Корольков. Им же написан раздел о стереофонических приемниках и уснлителях, помещенный в четвертой главе.

Автор и редакция пользуются случаем поблагодарить всех читателей, высказавших замечания и пожелания, которые мы постарались учесть при подготовке третьего издания.

Редакция Массовой радиобиблиотеки

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ МАТЕМАТИКИ

1-1. Меры точности

Приближенные числа. Все числа, с которыми приходится встречаться радиомастеру в его повседневной практике, исключая случаи подсчета количества предметов, являются приближенными. Это значит, что называемое или записываемое число всегда несколько отличается от действительного значения той величины, которую хотят описать с помощью этого числа.

Если число появилось в результате проведения измерения, то оно несет в себе погрешность измерительного прибора. Если число фигурирует в задании на работу, то хотя по своей природе оно может быть точным, но реализовать его удается лишь с определенным допуском из-за несовершенства инструмента.

Важнейшим условием быстрого и успешного выполнения работы является правильная оценка необходимой точности. Низкая точность в соблюдении заданных величин и размеров или при измерениях не позволяет достичь желаемых результатов. Погоня за неоправданно высокой точностью приводит к необходимости применения дорогостоящих инструментов и приборов, к значительно бо́льшим затратам труда и затягивает выполнение работы.

При употреблении приближенных чисел пользуются понятием «верные знаки». Это первые отличные от нуля цифры, которые еще совпадают с действительным значением описываемого числа. Так, например, если сопротивление имеет величину 81 528,4 *ом*, то с различным числом верных знаков его можно описать следующими округленными числами:

81 528 *ом* — с точностью до пятого знака,
81 530 *ом* — с точностью до четвертого знака,
81 500 *ом* — с точностью до третьего знака,
82 000 *ом* — с точностью до второго знака.

При таком округлении последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу, если следующая за ней отбрасываемая цифра больше 4. Если отбрасывается всего лишь одна цифра 5, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу лишь при условии, что она была нечетной.

Для десятичных дробей действуют те же самые правила. Нужно только помнить, что нули, стоящие впереди значащих цифр, в расчет точности числа не принимаются. Так, например, число 0,082 является

приближенным с точностью до второго знака. Кстати, 0,082 *Мом* = = 82 000 *ом*.

Очень часто приближенные числа записывают в форме произведения числа, составленного только из верных знаков (без нулей), на число 10 в соответствующей степени, например $82 \cdot 10^3$ или $82 \cdot 10^{-3}$. При оперировании такими числами следует помнить, что показатель степени числа 10 указывает, на сколько знаков правее (положительный показатель) или левее (отрицательный) находится запятая в исходном числе.

При вычислениях с приближенными числами в ответе может появиться число с бо́льшим количеством отличных от нуля цифр, чем исходные, например, $678 \cdot 13 = 8814$. Однако верными знаками в данном ответе являются только первые две цифры, так как одно из исходных чисел имело лишь два верных знака. Поэтому результат вычисления надо сразу же округлить до 8800. Аналогично $108 : 25 = 4,32$ и требует округления до 4,3.

При сложении и вычитании верные цифры появляются только в тех разрядах, которые во всех исходных числах выражены верными знаками:

$$\begin{array}{r} 2\,400 \\ +\ 180 \\ 83 \\ \hline 2\,663 \approx 2\,700 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 4\,800 \\ -\ 3\,920 \\ \hline 880 \approx 900 \end{array}$$

В примере на вычитание, где в ответе остался лишь один верный знак, несмотря на то, что уменьшаемое содержит два верных знака, а вычитаемое даже три, проявился очень важный для практики случай потери точности искомой величины при определении ее через разность двух других близких по значениям величин. При слесарно-механических работах и при проведении измерений надо всячески избегать определения малой величины (размера) в форме разности двух больших чисел, так как окончательная точность измерения при этом может резко снизиться.

Погрешность и допуск. Мерой отклонения измеренного приближенного значения от действительной величины является погрешность. Мерой допустимого отклонения от заданной величины при выполнении работы является допуск.

Различают абсолютные и относительные погрешности и допуски.

Абсолютная погрешность или допуск — это разность между точным и приближенным значениями. Абсолютные погрешности и допуски имеют ту же размерность, что и определяемая ими величина, например 8 *пф* ± 2 *пф*. Эта запись означает, что действительное значение емкости может лежать в пределах от $8 - 2 = 6$ *пф* до $8 + 2 = 10$ *пф*. Для сопрягаемых размеров часто задают односторонний допуск, например $20^{+0,3}$ *мм*. Это означает, что действительный размер должен находиться в пределах 20÷20,3 *мм*.

Относительная погрешность или допуск — это отношение абсолютной погрешности или допуска к номинальному значению. Относительные погрешности и допуски — величины безразмерные, и их обычно выражают в процентах. Емкость 8 *пф* ± 2 *пф* с помощью относительного допуска можно записать в форме 8 *пф* ± 25%, ибо $\frac{2}{8} \cdot 100 = 25$.

Типичная задача состоит в нахождении предельных значений по допуску, задаииому в процентах.

Пример. Для гетеродина-приемника разрешается уход частоты вследствие прогрева не более 1% за 5 *мин.* В каких пределах должна быть частота гетеродина через 5 *мин*, если он был настроен на частоту 1200 *кгц?*

1% — это 0,01; значит, разрешается абсолютный уход частоты гетеродина на $1200 \cdot 0{,}01 = 12$ *кгц*. Таким образом, через 5 *мин* частота гетеродина может оказаться в пределах 1200 *кгц* ± 12 *кгц* или иначе 1188 ÷ 1212 *кгц*.

1-2. Формулы и уравнения

Формулы — это закономерные математические соотношения между определенными величинами, выраженные в наиболее общем виде с помощью букв и математических символов. Например, площадь прямоугольника всегда равна произведению размеров двух соседних его сторон:

$$S = ab,$$

где S — площадь, a и b — стороны прямоугольника.

В формулах широко применяются следующие математические символы:

$=$ равно
$\approx$ примерно равно
$\neq$ не равно
$>$ больше
$<$ меньше
$\geqslant$ больше или равно
$\leqslant$ меньше или равно
$\gg$ много больше
$\ll$ много меньше
$\div$ от — до
$\to$ стремится к . . .
∞ бесконечность
Σ сумма
i или j мнимая единица $(\sqrt{-1})$
Δ малое приращение
$|a|$ абсолютное значение (модуль) величины a

lg логарифм десятичный
ln логарифм натуральный
e основание натуральных логарифмов $\approx 2{,}72$
π отношение длины окружности к диаметру $\approx 3{,}14$
sin синус
cos косинус
tg тангенс
ctg котангенс
arc sin угол, синус которого равен . . .
arc cos угол, косинус которого равен . . .
arc tg угол, тангенс которого равен . . .

Правила действия с отрицательными числами и дробями. Ниже приведены формулы, выражающие основные правила действий с отрицательными числами и с дробями. В этих формулах буквами a, b, c, d обозначены положительные числа, символами $(-p)$, $(-q)$ — отрицательные, а символами $|p|$, $|q|$ — абсолютные значения этих отрицательных величин. Если, например, $(-p) = -8$, то $|p| = 8$:

$$a + (-p) = a - |p|;$$
$$a - (-p) = a + |p|;$$
$$(-p) + a = a - |p|;$$
$$(-p) - a = -(a + |p|);$$
$$(-p) + (-q) = -(|p| + |q|);$$
$$(-p) - (-q) = |q| - |p|;$$

$$a(-p) = -a|p|; \qquad \frac{a}{(-p)} = -\frac{a}{|p|};$$

$$(-p)a = -a|p|; \qquad \frac{(-p)}{a} = -\frac{|p|}{a};$$

$$(-p)(-q) = |p|\cdot|q|; \qquad \frac{(-p)}{(-q)} = \frac{|p|}{|q|};$$

$$\frac{ac}{bc} = \frac{a}{b}; \qquad \frac{a}{b} : c = \frac{a}{bc};$$

$$\frac{a}{b}c = \frac{ac}{b}; \qquad c : \frac{a}{b} = c\frac{b}{a} = \frac{bc}{a};$$

$$\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d} = \frac{ac}{bd};$$

$$\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{a}{b}\cdot\frac{d}{c} = \frac{ad}{bc};$$

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{ad + bc}{bd};$$

$$\frac{a}{b} - \frac{c}{d} = \frac{ad - bc}{bd}.$$

Степени, корни и логарифмы. Результат умножения некоторого числа a самого на себя n раз называют n-й степенью числа a:

$$a^n = \overbrace{a \cdot a \ldots a}^{n \text{ раз}}.$$

Надо помнить, что

$$10^n = \overbrace{100 \ldots 0}^{n \text{ нулей}}.$$

Любое число в первой степени равно самому себе $a^1 = a$, а в нулевой степени — единице ($5^0 = 1$; $2^0 = 1$ и вообще $a^0 = 1$).

Наряду с положительными степенями широко употребляются отрицательные степени, например 10^{-3}, a^{-n} и т. д. Смысл отрицательных степеней следующий:

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n};$$

$$10^{-n} = \overbrace{0,00\ldots0}^{n \text{ нулей}}1.$$

При возведении в какую-либо степень отрицательной величины действуют те же правила, но в результате надо ставить знак минус,

если показатель был нечетный. Четные степени независимо от знака у основания положительны. Например, $(-5)^2 = 25$; $(-5)^3 = -125$; $(-4)^{-1} = -\frac{1}{4}$ и т. д.

Дробный показатель степени вида $\frac{1}{n}$ означает действие, обратное возведению в степень, — извлечение корня n-й степени:

$$a^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a}.$$

Дробный показатель вида $\frac{m}{n}$ означает комбинированное действие

$$a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m} = \left(\sqrt[n]{a}\right)^m.$$

Из отрицательных величин извлекаются корни только целых нечетных степеней, причем ответ получается отрицательный, например $\sqrt[3]{-64} = -4$. Корни четных степеней из отрицательных количеств могут быть представлены лишь мнимой величиной, например $\sqrt{-9} = 3\sqrt{-1} = 3i$, где i — мнимая единица.

При решении технических задач извлечение корней можно осуществлять с помощью математических таблиц (см. стр. 520), содержащих вычисленные значения корней.

Основные правила действий с корнями и степенями описывают следующие формулы:

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2;$$

$$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2;$$

$$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b);$$

$$(ab)^n = a^n b^n; \quad \sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a}\,\sqrt[n]{b};$$

$$\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}; \quad \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}};$$

$$a^m a^n = a^{m+n}; \quad \sqrt[m]{a}\,\sqrt[n]{a} = \sqrt[mn]{a^{m+n}};$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}; \quad \frac{\sqrt[m]{a}}{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[mn]{a^{n-m}};$$

$$(a^m)^n = a^{mn}; \quad \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[mn]{a}.$$

Подобно извлечению корня, логарифмирование тоже представляет собой действие, противоположное возведению в степень: отыскание показателя степени, в которую надо возвести известное основание для получения заданного исходного числа. Если, например, $a^x = b$, то x является логарифмом числа b при основании a, т. е. $x = \log_a b$.

Наиболее распространены логарифмы при основаниях 10 (десятичные) и $e = 2{,}718...$ (натуральные). Логарифмы определяются также при помощи таблиц.

Основные правила действий с логарифмами:

$$\lg (ab) = \lg a + \lg b;$$

$$\lg \left(\frac{a}{b} \right) = \lg a - \lg b;$$

$$\lg (a^n) = n \lg a;$$

$$\lg \left(\frac{1}{a^n} \right) = -n \lg a;$$

$$\lg (\sqrt[n]{a}) = \frac{1}{n} \lg a;$$

$$\lg \left(\sqrt[n]{a^m} \right) = \frac{m}{n} \lg a;$$

$$\ln e = 1.$$

При необходимости возвести в степень, извлечь корень или прологарифмировать многочлен (выражение, состоящее из нескольких членов, соединенных знаками + или —) необходимо сначала вычислить этот многочлен и лишь затем производить упомянутые действия, ибо

$$(a + b)^n \neq a^n + b^n;$$

$$\sqrt[n]{a + b} \neq \sqrt[n]{a} + \sqrt[n]{b};$$

$$\lg (a + b) \neq \lg a + \lg b.$$

Площади, объемы, веса. Формулы для определения площадей простейших фигур и объемов некоторых тел приведены на рис. 1-1, где применены следующие условные обозначения: S — площадь, r — радиус, h — высота, Q — полная поверхность тела, V — объем.

Площади многоугольников и неправильных фигур вычисляются путем подразделения таких фигур на треугольники и суммирования площадей всех этих составляющих фигуру треугольников.

Объем пирамиды или прямого конуса равен одной трети произведения площади основания на высоту, т. е. $V = \frac{1}{3} Sh$.

Площади и поверхности приходится рассчитывать при серебрении токоведущих элементов высокочастотных деталей, а объемы — для определения расхода материалов и калькуляции изделий.

Вес изделия определяется суммой весов всех составляющих его деталей:

$$P = \sum_{k=1}^{n} V_k \varrho_k = V_1 \varrho_1 + V_2 \varrho_2 + \cdots + V_n \varrho_n,$$

где P — общий вес изделия;

$V_1, V_2, \ldots, V_n$ — объемы первой, второй и т. д. деталей;

$\varrho_1, \varrho_2, \ldots, \varrho_n$ — удельные веса материалов соответствующих деталей.

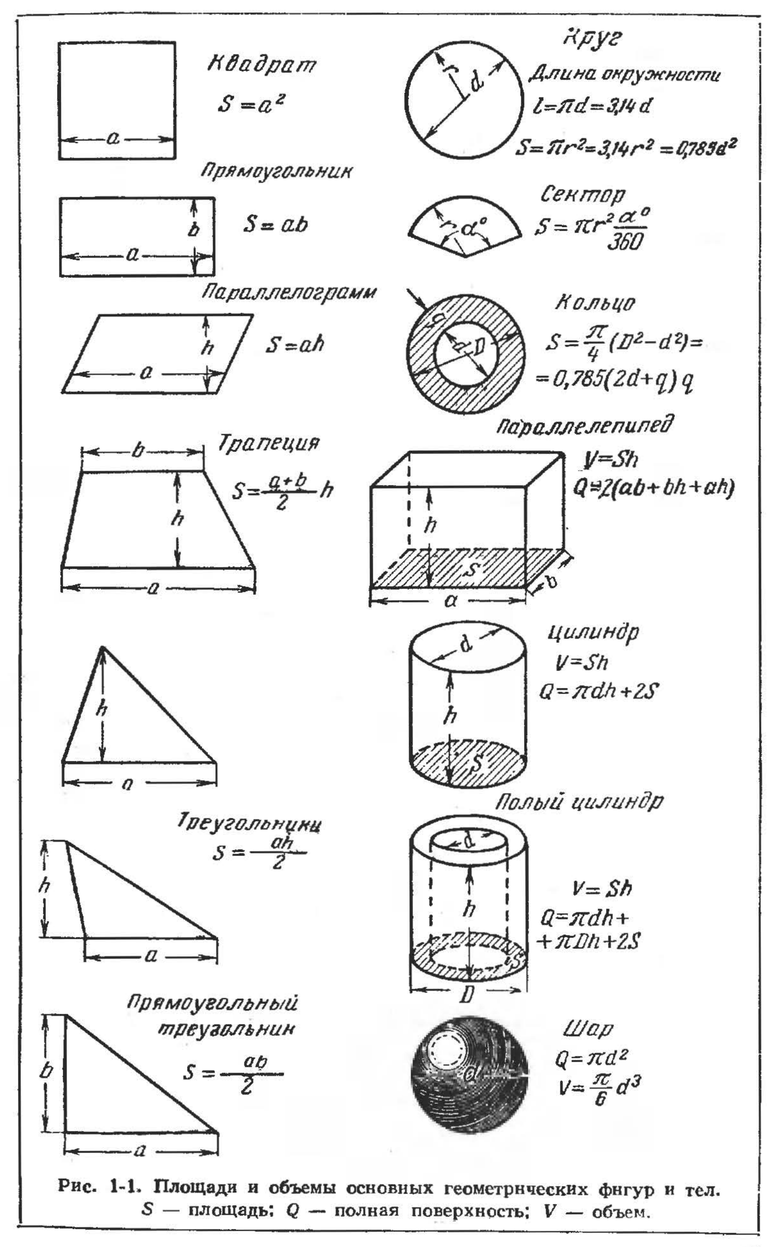


Рис. 1-1. Площади и объемы основных геометрических фигур и тел. S — площадь; Q — полная поверхность; V — объем.

Удельные веса наиболее употребительных материалов приведены в табл. 1-1. При расчете веса в граммах объем надо выражать в кубических сантиметрах (*см*³). Если объем выразить в кубических дециметрах (*дм*³), то вес получится в килограммах.

Таблица 1-1

Удельный вес некоторых материалов

Материал	Удельный вес, *г/см*³	Материал	Удельный вес, *г/см*³
Алюминий	2,7	Стекло	2,6
Латунь	8,5	Текстолит	1,4
Медь	8,9	Фарфор	2,4
Олово	7,3	Фторопласт	2,2
Оргстекло	0,94	Цинк	7,1
Полистирол	1,06	Эбонит	1,5
Свинец	11,4	Электрокартон	2
Сталь	7,9		
Серебро	10,5		

Пример. На пустотелый фарфоровый каркас с внешним диаметром $D_к = 80$ *мм*, внутренним $d_к = 70$ *мм* и высотой $h_к = 100$ *мм* намотана катушка из $w = 30$ витков медного провода диаметром $d_п = 2$ *мм*. Определить вес всей катушки.

Определим сначала объем каркаса. Площадь основания его $S_к = 0{,}785\left(D_к^2 - d_к^2\right) = 0{,}785\left(8^2 - 7^2\right) - 11{,}8$ *см*². Объем $V_к = S_к h_к = 11{,}8 \cdot 10 = 118$ *см*³. Удельный вес фарфора составляет 2,4. Следовательно, вес каркаса равен $118 \cdot 2{,}4 = 283 \approx 280$ *г*.

Для определения веса провода нужно знать его объем и удельный вес материала. Площадь поперечного сечения провода $S_п = 0{,}785 d_п^2 = 0{,}785 \cdot 2^2 = 3{,}14$ *мм*² $= 0{,}0314$ *см*², средний диаметр каждого витка $d_в = D_к + d_п = 80 + 2 = 82$ *мм* $= 8{,}2$ *см*, длина витка $l_в = \pi d_в = 3{,}14 \cdot 8{,}2 = 25{,}7$ *см* и длина всего провода $l_п = l_в w = 25{,}7 \cdot 30 = 770$ *см*. Следовательно, объем провода $V_п = S_п l_п = 0{,}0314 \cdot 770 = 24{,}2$ *см*³. Так как удельный вес меди равен 8,9, то вес провода обмотки будет равен $24{,}2 \cdot 8{,}9 = 215 \approx 220$ *г*.

Полный вес катушки (каркаса и провода), таким образом, составит $280 + 220 = 500$ *г*.

Важнейшие геометрические соотношения. В любом треугольнике (рис. 1-2) сумма внутренних углов равна 180°:

$$\alpha + \beta + \gamma = 180°.$$

В прямоугольном треугольнике (рис. 1-3) сумма двух острых углов равна 90°:

$$\alpha + \beta = 90° \quad (\gamma = 90°).$$

Теорема Пифагора: сумма квадратов катетов (сторон, прилежащих к прямому углу прямоугольного треугольника) равна квадрату гипотенузы (стороны, противолежащей прямому углу):

$$a^2 + b^2 = c^2,$$

откуда

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

Это соотношение часто используется в электротехнических расчетах, ибо сумма активного (R) и реактивного (X) сопротивлений, соединенных последовательно, равна тоже

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2},$$

где Z — полное сопротивление.

На совпадении этих формул основан графический метод расчета Z.

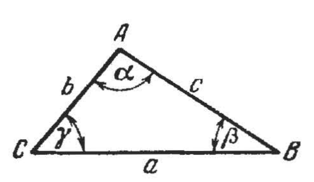


Рис. 1-2. Остроугольный треугольник

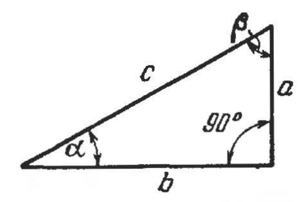


Рис. 1-3. Прямоугольный треугольник.

Пример. Пусть $R = 800$ *ом* и $X = 600$ *ом*. Выбирая удобный масштаб, например 20 *ом* на 1 *мм*, строят прямоугольный треугольник с катетами $a = 800 : 20 = 40$ *мм* и $b = 600 : 20 = 30$ *мм* соответственно. Измеряют длину гипотенузы $c = 50$ *мм* и определяют полное сопротивление $Z = 50 \cdot 20 = 1000$ *ом*.

Прямоугольный треугольник всегда можно построить, если известны или две стороны его, или одна из сторон и один из острых углов. Если дан только один острый угол, то можно построить много подобных прямоугольных треугольников (рис. 1-4).

У подобных треугольников соответственные стороны не равны ($a_1 \neq a_2 \neq a_3$; $b_1 \neq b_2 \neq b_3$; $c_1 \neq c_2 \neq c_3$), но соотношения между размерами сторон оказываются одинаковыми, что может быть записано алгебраически с помощью пропорций, например:

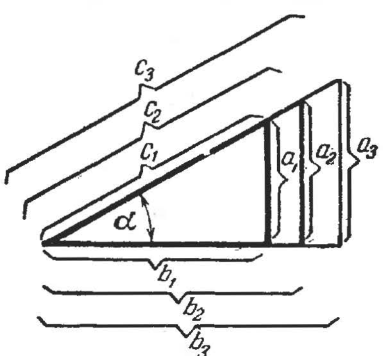


Рис. 1-4. Подобные треугольники.

$$a_1 : a_2 = b_1 : b_2.$$

Пропорциями часто пользуются при выполнении работ по разметке, при черчении, при расчете соединений однородных элементов электрической цепи. Свойства пропорции:

1) отношения первых и вторых членов равны, т. е.

$$a_1 : b_1 = a_2 : b_2;$$

2) произведения средних и крайних членов равны, т. е.

$$a_2 b_1 = a_1 b_2.$$

Тригонометрические функции. Поскольку величина одного острого угла в прямоугольном треугольнике определяет соотношения между его сторонами, часто указывают вместо угла непосредственно отношения сторон, причем употребляют специальные математические символы. В соответствии с рис. 1-3 наиболее употребительные в электрорадиотехнике тригонометрические функции имеют вид:

синус угла α $$\sin\alpha = \frac{a}{c};$$

косинус угла α $$\cos\alpha = \frac{b}{c};$$

тангенс угла α $$\operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{b};$$

котангенс угла α $$\operatorname{ctg}\alpha = \frac{b}{a}.$$

Значения тригонометрических функций предпочитают сообщать в форме уже вычисленных отношений — одним числом (см. приложение 4 на стр. 522).

В то время как в прямоугольном треугольнике острый угол α может лежать в пределах от 0 до 90°, понятие тригонометрических функций распространено на любые углы: и бóльшие 90°, и меньшие нуля (отрицательные). При этом все тригонометрические функции проявляют периодичность — значения их повторяются при увеличении угла на 360°:

$$\sin(\alpha + 360^\circ n) = \sin\alpha;$$

$$\cos(\alpha + 360^\circ n) = \cos\alpha;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha + 360^\circ n) = \operatorname{tg}\alpha;$$

$$\operatorname{ctg}(\alpha + 360^\circ n) = \operatorname{ctg}\alpha,$$

где n — любое целое число (в том числе отрицательное).

Функции дополнительных углов:

$$\sin\beta = \cos\alpha;$$

$$\cos\beta = \sin\alpha;$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha};$$

$$\operatorname{ctg}\beta = \frac{1}{\operatorname{ctg}\alpha},$$

где $\beta = 90^\circ - \alpha$.

Функции отрицательных углов:

$$\sin(-\alpha) = -\sin\alpha;$$

$$\cos(-\alpha) = \cos\alpha;$$

$$\operatorname{tg}(-\alpha) = -\operatorname{tg}\alpha; \quad \operatorname{ctg}(-\alpha) = -\operatorname{ctg}\alpha.$$

Важнейшие соотношения между тригонометрическими функциями:

$$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \operatorname{tg}\alpha; \quad \sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1;$$

$$\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} = \operatorname{ctg}\alpha; \quad \operatorname{ctg}\alpha = \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha};$$

$$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha; \quad \sin^2\alpha = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\cos 2\alpha;$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha; \quad \cos^2\alpha = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cos 2\alpha;$$

$$\sin\alpha + \sin\beta = 2\sin\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2};$$

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2}.$$

Уравнения с одним неизвестным. Формулы, в состав которых входят неизвестные величины, называются уравнениями. Основная задача при оперировании уравнениями — решение их относительно неизвестных величин. Это достигается путем таких преобразований, в результате которых слева остается только одна искомая величина, а все известные собираются в первой части уравнения.

Общее правило, по которому разрешается производить необходимые преобразования, состоит в том, что производя одинаковые действия с обеими частями уравнения, мы не нарушаем условий равенства их.

Так, можно к обеим частям уравнения прибавлять (или отнимать) одинаковые величины, например:

если $x - a = b + c$,

то $x - a + a = b + c + a$,

т. е. $x = b + c + a$.

Обе части уравнения можно умножать или делить на одинаковую величину (кроме нуля), например:

если $ax = b$,

$$\text{то } \frac{ax}{a} = \frac{b}{a},$$

$$\text{т. е. } x = \frac{b}{a}.$$

При таких действиях общее правило проявляется внешне так, будто производится перенос отдельных членов уравнения из одной части в другую с одновременным изменением действия на обратное: слагаемые становятся вычитаемыми, сомножители — делителями, числители — знаменателями и наоборот.

Можно обе части уравнения возвести в одну и ту же степень или извлечь из них одинаковый корень, например:

$$\text{если } a^2 + b^2 = x^2,$$

$$\text{то } \sqrt{a^2 + b^2} = x.$$

Кроме того, всегда можно левую и правую части взаимно менять местами:

$$\text{если } \sqrt{a^2 + b^2} = x,$$

$$\text{то } x = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

Разрешается одновременно изменять знаки левой и правой частей на обратные, например:

$$\text{если } -x = a - b,$$

$$\text{то } x = b - a,$$

и записывать равенство между величинами, обратными обеим частям:

$$\text{если } \frac{a}{b} = \frac{c}{x},$$

$$\text{то } \frac{b}{a} = \frac{x}{c}.$$

Примеры:

1. Из уравнения резонансной длины волны колебательного контура $\lambda = 1{,}88\sqrt{LC}$ найти необходимую емкость колебательного контура ($C = x$), если длина волны λ и индуктивность L заданы:

$$\lambda^2 = 1{,}88^2 LC;$$

$$C = \frac{\lambda^2}{1{,}88^2 L}.$$

2. Из уравнения токов в двух параллельно соединенных сопротивлениях $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$ найти ток I_2, если известны I_1, R_1 и R_2:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2};$$

$$I_2 = \frac{I_1 R_1}{R_2}.$$

3. Дано $\frac{a+b}{c} = \frac{d}{x} - e$, найти x:

$$\frac{d}{x} = \frac{a+b}{c} + e;$$

$$\frac{d}{x} = \frac{a+b+ce}{c};$$

$$\frac{x}{d} = \frac{c}{a+b+ce};$$

$$x = \frac{cd}{a+b+ce}.$$

1-3. Функции и способы их представления

Функция. Большинство величин, с которыми приходится иметь дело в технике, являются переменными величинами, могущими принимать различные значения. При этом значения, принимаемые одними величинами, обычно зависят от того, какие значения приданы другим переменным величинам. Так, например, коэффициент усиления усилителя может быть различным в зависимости от того, на какой частоте он измерен. В этом случае и частота и коэффициент усиления должны рассматриваться как переменные величины, причем частоту можно считать независимой переменной (мы выбираем ее при измерении коэффициента усиления произвольно), а коэффициент усиления — зависимой переменной или функцией частоты.

В математике в общем виде независимую переменную (аргумент) принято обозначать символом x, а зависимую (функцию) — символом y, причем факт зависимости y от x записывают в виде

$$y = f(x),$$

который не объясняет, как именно y зависит от x, а лишь констатирует наличие зависимости.

Аналитическое выражение функций. Представление зависимости y от x с помощью математической формулы называют аналитическим выражением функции. Если, например, нас интересует величина тока I, проходящего через некоторое известное нам сопротивление R при различных значениях прикладываемого к этому сопротивлению напряжения U, то, воспользовавшись законом Ома

$$I = \frac{U}{R},$$

можно представить зависимость $I = y$ от $U = x$ в виде

$$y = \frac{x}{R}.$$

Постоянная в данной задаче величина R называется параметром. В другой задаче величина R может сама быть переменной, например, при определении зависимости сопротивления проводника от его длины:

$$R = \frac{\varrho l}{s}.$$

Здесь $R = y$ (функция), длина проводника $l = x$ (аргумент), а удельное сопротивление ϱ и поперечное сечение s — параметры выбранного проводника.

В свете понятия о функциях все расчетные формулы можно рассматривать как аналитические выражения функциональных зависимостей, а разрешение уравнений относительно искомой величины как отыскание структуры функции в явном виде.

Таблицы. Вторым способом представления функций являются таблицы. В таблицах приводятся непосредственно вычисленные значения функционально связанных величин.

В приложениях (см. стр. 520) помещены две математические таблицы, которые содержат вычислительные значения наиболее употре-

бительных функций и служат для облегчения расчетов по многим формулам.

В таблице, приведенной на стр. 520, даны значения обратных величин $\left(\frac{1}{x}\right)$, квадратов (x^2), кубов (x^3) и квадратных корней ($\sqrt{x}$ и $\sqrt{10x}$) с точностью до третьего знака для значений аргумента (x) в пределах от 1,0 до 10,0. Если заданное число лежит за этими пределами, то его надо представить в форме произведения $x \cdot 10^n$, где x будет лежать в пределах 1,0÷10, и воспользоваться правилом, указанным в последней строке таблицы. Корень квадратный при четных степенях n сомножителя 10 определяют по столбцу $\sqrt{x}$, а при нечетных — по столбцу $\sqrt{10x}$.

Примеры:

1. Вычислить дробь $\frac{1}{18}$.

Представим 18 как $1{,}8 \cdot 10^1$. При этом $x = 1{,}8$; $n = 1$. По таблице находим $\frac{1}{x} = 0{,}556$ и десятичный множитель 10^{-1}. Таким образом, $\frac{1}{18} = 0{,}556 \cdot 10^{-1} = 0{,}0556$.

2. Найти $0{,}062^2$.

Представим аргумент как $6{,}2 \cdot 10^{-2}$, т. е. $x = 6{,}2$ и $n = -2$. Тогда $x^2 = 38{,}4$ и множитель $10^{2n} = 10^{-4}$, т. е. $0{,}062^2 = 38{,}4 \cdot 10^{-4} = 0{,}00384$.

3. Определить $\sqrt{3{,}5}$, $\sqrt{35}$ и $\sqrt{0{,}35}$.

Для $x = 3{,}5$ находим $\sqrt{x} = 1{,}87$. В следующих двух примерах подкоренные числа можно записать в форме $10 \cdot 3{,}5$ и $3{,}5 \cdot 10^{-1}$ соответственно. Тогда для второго примера ответ найдем в столбце $\sqrt{10x}$ как 5,92, а для третьего примера, поскольку степень сомножителя 10 нечетная (—1), ответ берем из этого же столбца (5,92), но добавляем сомножитель $10^{\frac{n-1}{2}} = 10^{\frac{-1-1}{2}} = 10^{-1}$, т. е. $\sqrt{0{,}35} = 5{,}92 \cdot 10^{-1} = 0{,}592$.

4. Найти 420^3.

Представим 420 как $4{,}2 \cdot 10^2$. По столбцу x^3 находим $4{,}2^3 = 74{,}1$ и множитель $10^{3n} = 10^{3 \cdot 2} = 10^6$, т. е. $420^3 = 74{,}1 \cdot 10^6 = 74\,100\,000$.

В таблице на стр. 522 приведены значения тригонометрических функций ($\sin\alpha$, $\cos\alpha$, $\operatorname{tg}\alpha$, $\operatorname{ctg}\alpha$) заданного угла. Значения заданного угла в пределах от 0 до 45° помещены в первом столбце таблицы, обозначенном сверху буквой α, а значения от 45 до 90° — в последнем столбце, обозначенном снизу буквой α. Внутренние четыре столбца чисел, содержащие значения искомых функций, обозначены сверху знаками $\sin\alpha$, $\cos\alpha$, $\operatorname{tg}\alpha$, $\operatorname{ctg}\alpha$, а снизу — соответственно $\cos\alpha$, $\sin\alpha$, $\operatorname{ctg}\alpha$, $\operatorname{tg}\alpha$. Если заданный угол меньше 45°, то для определения искомой функции пользуются тем столбцом, вверху которого поставлено обозначение этой функции; если же заданный угол больше 45°, то для отыскания значения неизвестной функции пользуются столбцом, внизу которого поставлено ее обозначение.

Пример. Найти tg 35°.

Для tg 35° отыскиваем в левом столбце угол 35° и на этой же строке в столбце, обозначенном сверху символом $\operatorname{tg}\alpha$, читаем 0,700. Значит, tg 35° = 0,700.

Если по известному значению тригонометрической функции требуется определить угол, то заданное число отыскивается внутри таблицы в отведенном для соответствующей функции столбце, а значение искомой величины (угла) читают на той же строке в столбце α.

Пример. Дано $\mathrm{tg}\,\alpha = 2{,}57$, найти α. Это же задание может быть сформулировано иначе: найти arc tg 2,57.

Среди значений тангенса нет числа 2,57. Тогда находим в таблице ближайшие числа 2,48 и 2,60 и останавливаемся на числе 2,60, как наиболее близком к заданному. Так как это число помещено в столбце, обозначенном символом $\mathrm{tg}\,\alpha$ снизу, то величину искомого угла отыскиваем в правом столбце α среди значений 45—90° и получаем $\alpha = 69°$.

Интерполяция. Встречающиеся на практике таблицы не всегда содержат достаточное количество различных значений заданных величин. Например, в табл. 1-2 режимов лампы 6П1П указаны только три значения напряжения на аноде (315, 250 и 180 *в*), в соответствии с которыми только и могут быть выбраны прочие величины. А каковы будут эти величины при напряжении, например, 220 *в*? Это можно определить методом интерполяции.

Наиболее простой и удовлетворяющей требованиям практической точности является линейная интерполяция. При этом прежде всего определяют, между какими двумя помещенными в таблице значениями находится значение заданной величины.

В нашем случае напряжение на аноде 220 *в* находится между напряжениями 250 и 180 *в*. Поэтому выписываем из табл. 1-2 эти ближайшие два режима и определяем разности между соответствующими им значениями каждой величины:

Таблица 1-2

Режимы лучевого тетрода 6П1П

Величины	Режимы I	II	III
Напряжение на аноде, *в*	315	250	180
Напряжение на экранирующей сетке, *в*	225	250	180
Напряжение на управляющей сетке, *в*	—13	—12,5	—8,5
Сопротивление нагрузки, *ком*	8,5	5	5,5
Выходная мощность, *ва*	5,5	4,5	2

	II	III	Разность
Напряжение на аноде, *в*	250	180	70
Напряжение на экранирующей сетке, *в*	250	180	70
Напряжение на управляющей сетке, *в*	—12,5	—8,5	—4
Сопротивление нагрузки, *ком*	5	5,5	—0,5
Выходная мощность, *ва*	4,5	2	2,5

Полученные разности показывают, насколько увеличивается значение каждой величины при увеличении анодного напряжения от 180 до 250 *в*, т. е. на 70 *в*. У нас же задано анодное напряжение 220 *в*, что больше 180 *в* лишь на 40 *в*, т. е. на $\frac{40}{70} = \frac{4}{7}$ той разности, которую

дают ближайшие два табличных значения. Линейная интерполяция предполагает, что все величины в рассматриваемых пределах изменяются равномерно. Следовательно, умножив каждую разность на $\frac{4}{7}$, высчитываем поправку для соответствующих величин:

$70\cdot\frac{4}{7}=40$ *в* — поправка для напряжения на экранирующей сетке;

$4\cdot\frac{4}{7}=-2{,}3$ *в* — поправка для напряжения на управляющей сетке;

$-0{,}5\cdot\frac{4}{7}\approx-0{,}3$ *ком* — поправка для сопротивления анодной нагрузки;

$2{,}5\cdot\frac{4}{7}\approx-1{,}4$ *ва* — поправка для выходной мощности.

Прибавляя эти поправки к значениям, соответствующим анодному напряжению 180 *в*, получим:

напряжение на экранирующей сетке равно $180+40=220$ *в*;

напряжение на управляющей сетке равно $-8{,}5+(-2{,}3)=-10{,}8$ *в*;

сопротивление анодной нагрузки равно $5{,}5+(-0{,}3)=5{,}2$ *ком*;

выходная мощность равна $2+1{,}4=3{,}4$ *ва*.

Номограммы. Если в таблицах приводятся отдельные числовые значения зависящих друг от друга величин, то в номограммах они заменяются непрерывными числовыми шкалами, чем облегчается нахождение любых промежуточных значений величин. Точность и быстрота нахождения искомой величины зависят от умения читать данную шкалу. Например, на правой шкале (*f*) номограммы (рис. 1-5) промежуток между штрихами 10 и 20 разделен на две части длинным штрихом. Очевидно, что этот штрих обозначает число 15. Каждая часть 10—15 и 15—20, в свою очередь, разделена на пять частей мелкими штрихами. Отсюда определяем, что цена одного мелкого деления составляет 1, т. е. первый мелкий штрих обозначает число 11, второй 12 и т. д.

Путем практической тренировки глаза надо выработать навык определения промежуточных чисел, для которых на шкале не нанесены штрихи. Если, например, заданная частота равна 3,7 *Мгц*, а на шкале имеются штрихи, соответствующие числам 3,5 и 4 *Мгц*, то промежуток между этими штрихами мысленно разбивают на пять частей и, откладывая от штриха 3,5 две такие части, находят положение числа 3,7 *Мгц*.

Наиболее просты номограммы, служащие для определения одной неизвестной величины по одной заданной величине. Они представляют две числовые шкалы, нанесенные по обеим сторонам одной линии. Такая номограмма и представлена на рис. 1-5. Левая шкала выражает значения длины волны λ в *м*, правая — соответствующие значения частоты *f* колебаний.

П р и м е р. Требуется определить частоту, соответствующую длине волны 1200 *м*.

Находим на левой шкале точку, соответствующую 1200 *м*. На правой шкале число, соответствующее этой точке, будет 250. Это и есть искомое значение частоты (в *кгц*).

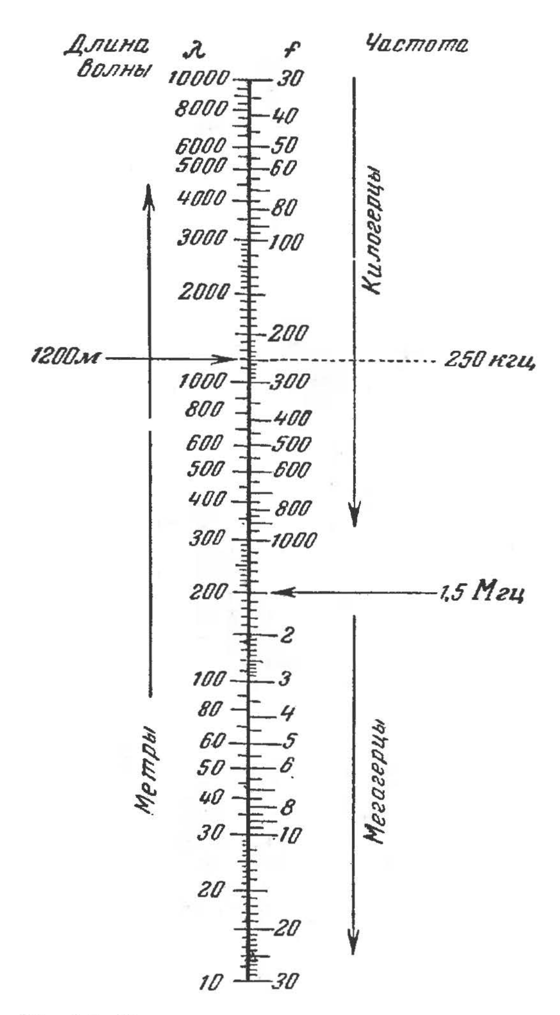


Рис. 1-5. Номограмма для определения длины волны и частоты электрических колебаний.

Номограммы, связывающие более двух величин, соответственно имеют большее количество шкал, которые вычерчиваются в определенных масштабах и занимают определенное взаимное расположение,

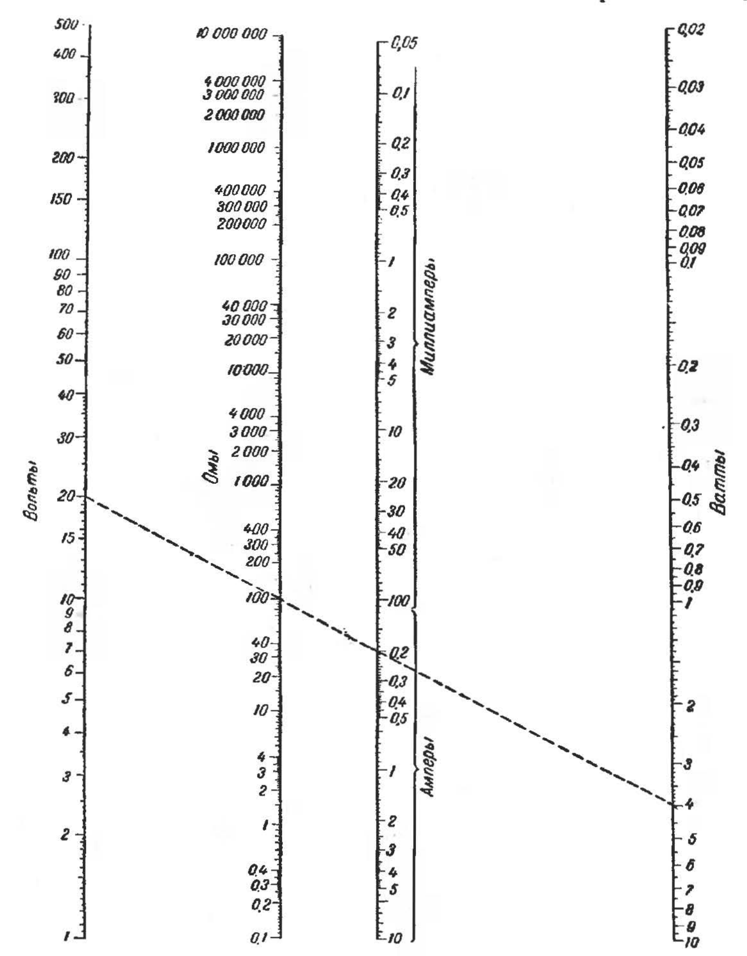


Рис. 1-6. Номограмма для определения *U*, *R*, *I* и *P*.

например номограмма, изображенная на рис. 1-6. Для расчетов по таким номограммам надо иметь прямую линейку (желательно прозрачную).

На двух шкалах, выражающих значения известных величин, находят точки, обозначающие заданные значения этих величин (например, 20 *в* и 100 *ом* на рис. 1-6). К найденным точкам прикладывают

прямой бортик линейки. В точке пересечения линейкой третьей шкалы читают искомое значение величины, выражаемой этой третьей шкалой (0,2 *а*).

Пример. Определить необходимую величину сопротивления сеточного смещения, если катодный ток лампы равен 5 *ма*, а напряжение смещения должно быть равно 12,5 *в*.

На шкале U (напряжение) находим точку, соответствующую 12,5 *в*, а на шкале I (ток) — точку, соответствующую 5 *ма*. Накладывая линейку так, чтобы ее бортик пересекал шкалы U и I в найденных точках, в точке пересечения линейкой шкалы R читаем ответ (2500 *ом*).

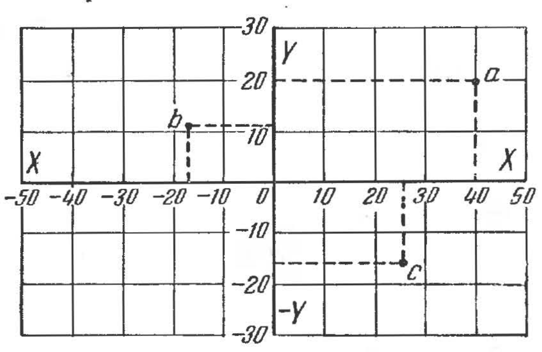


Рис. 1-7. Координатные оси и координатная сетка.

Номограмма на рис. 1-6 содержит также шкалу мощностей P. Указанным уже способом определяется любая из четырех величин (U, R, I, P) по значениям любых других двух величин.

Графики. Графики, как и таблицы и номограммы, служат для непосредственного определения значения неизвестной величины по заданному значению другой, известной, величины. Кроме того, графики дают наглядное представление о характере и смысле зависимости между связанными величинами.

Основой всякого графика являются координатные оси, которые обычно представляют две пересекающиеся под прямым углом, т. е. взаимно перпендикулярные, шкалы чисел: горизонтальную (ось X, или ось абсцисс) и вертикальную (ось Y, или ось ординат); на осях строится координатная сетка (рис. 1-7). Любая точка в пределах координатной сетки может быть обозначена определенным и притом только одним сочетанием числа, взятого на оси X, с числом, взятым на оси Y; например, точка a на рис. 1-7 определяется числами $x = 40$ и $y = 20$, точка b — числами $x = -17$ и $y = 11$, точка c — числами $x = 26$, $y = -16$.

Нанося в пределах координатной сетки точки, связывающие соответствующие значения аргумента и функции, и соединяя затем эти точки отрезками прямых или плавной кривой линией, можно получить график этой функции.

На рис. 1-8 представлен в качестве примера график допустимой нагрузки током медного провода. Он может быть применен для определения наибольшего допустимого тока в проводе, диаметр которого известен.

Пример. Диаметр провода d равен 0,8 *мм*. Определить наибольший допустимый ток I в нем.

На горизонтальной шкале d находим точку d_1, соответствующую диаметру провода 0,8 *мм*, и сносим вдоль вертикальных линий координатной сетки положение этой точки на линию графика (точка I). Затем сносим вдоль горизонтальных линий координатной сетки положение точки I с графика на вертикальную шкалу I и получаем на этой шкале точку I_1, которая соответствует току 1 *а*. Это и есть наибольший допустимый ток в проводе диаметром 0,8 *мм*.

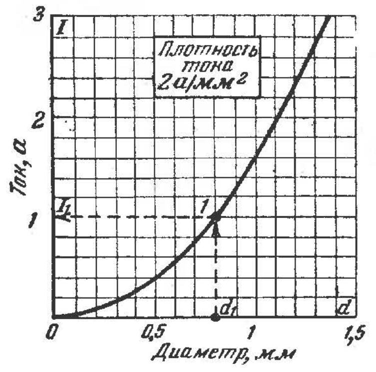


Рис. 1-8. График допустимой нагрузки провода током.

Этот же график можно использовать для решения обратной задачи (для нахождения диаметра провода по заданному току).

Часто при графике указывают дополнительные условия (параметры), без соблюдения которых данный график будет не верен. Параметром графика на рис. 1-8 является плотность тока 2 *а* на каждый *мм*² сечения провода. Такая плотность тока допускается для проводов обмоток трансформаторов. В проволочных сопротивлениях, например, допускается бо́льшая плотность тока, и для их расчета нужен другой график.

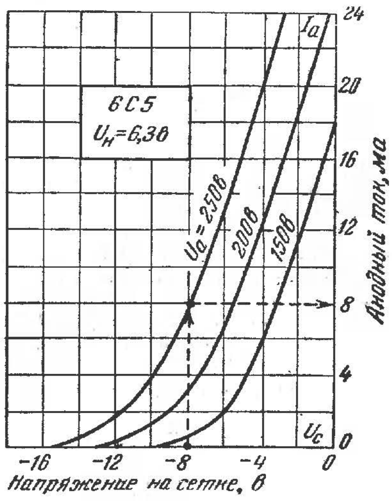


Рис. 1-9. Семейство анодно-сеточных характеристик триода.

Для того чтобы не вычерчивать большого числа графиков одних и тех же функций при различных значениях параметра, часто прибегают к семействам графиков, в которых для различных значений параметра приводится несколько графиков в пределах одной координатной сетки. Подобное семейство представлено, например, на рис. 1-9, на котором изображено семейство анодно-сеточных характеристик трехэлектродной лампы. Оно показывает зависимость анодного тока от напряжения на управляющей сетке при трех различных значениях напряжения на аноде лампы ($U_а$=150 *в*, 200 *в* и 250 *в*). Кроме того, неизменным дополнительным условием для всех характеристик семейства является напряжение накала лампы $U_н$=6,3 *в*.

Принцип чтения системы графиков поясняет следующий пример.

Пример. Определить анодный ток лампы при напряжении на аноде 250 *в* и на управляющей сетке —8 *в*.

Пример. Диаметр провода d равен 0,8 *мм*. Определить наибольший допустимый ток I в нем.

На горизонтальной шкале d находим точку d_1, соответствующую диаметру провода 0,8 *мм*, и сносим вдоль вертикальных линий координатной сетки положение этой точки на линию графика (точка *1*). Затем сносим вдоль горизонтальных линий координатной сетки положение точки *1* с графика на вертикальную шкалу I и получаем на этой шкале точку I_1, которая соответствует току 1 *а*. Это и есть наибольший допустимый ток в проводе диаметром 0,8 *мм*.

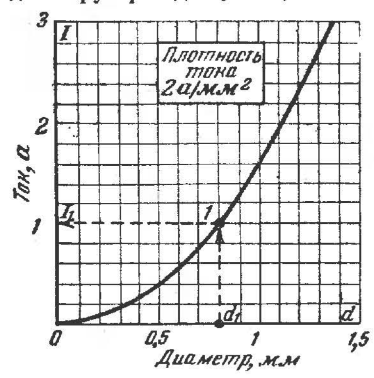


Рис. 1-8. График допустимой нагрузки провода током.

Этот же график можно использовать для решения обратной задачи (для нахождения диаметра провода по заданному току).

Часто при графике указывают дополнительные условия (параметры), без соблюдения которых данный график будет не верен. Параметром графика на рис. 1-8 является плотность тока 2 *а* на каждый *мм*² сечения провода. Такая плотность тока допускается для проводов обмоток трансформаторов. В проволочных сопротивлениях, например, допускается бóльшая плотность тока, и для их расчета нужен другой график.

Для того чтобы не вычерчивать большого числа графиков одних и тех же функций при различных значениях параметра, часто прибегают к семействам графиков, в которых для различных значений параметра приводится несколько графиков в пределах одной координатной сетки. Подобное семейство представлено, например, на рис. 1-9, на котором изображено семейство анодно-сеточных характеристик трехэлектродной лампы. Оно показывает зависимость анодного тока от напряжения на управляющей сетке при трех различных значениях напряжения на аноде лампы ($U_а$=150 *в*, 200 *в* и 250 *в*). Кроме того, неизменным дополнительным условием для всех характеристик семейства является напряжение накала лампы $U_н$=6,3 *в*.

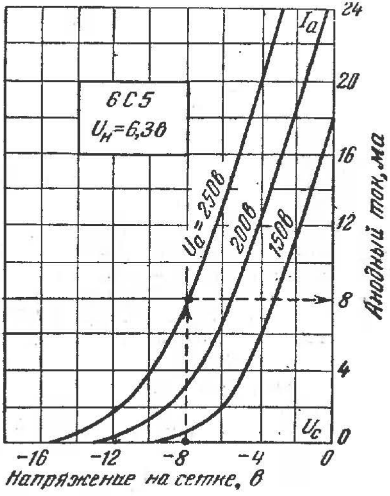


Рис. 1-9. Семейство анодно-сеточных характеристик триода.

Принцип чтения системы графиков поясняет следующий пример.

Пример. Определить анодный ток лампы при напряжении на аноде 250 *в* и на управляющей сетке —8 *в*.

Используя график, обозначенный $U_а = 250$ *в*, переносим точку —8 *в* с горизонтальной шкалы на вертикальную и находим на последней значение тока 8 *ма*.

Очень часто пользуются графиками для того, чтобы наглядно представить характер зависимости одной величины от другой, причем иногда не указывают даже численных значений этих величин, оставляя оси координатной сетки «слепыми». Понять смысл такого графика — это значит уяснить, как одна величина изменяется при изменении другой.

Если кривая направляется слева вверх направо, то это значит, что выражаемая ею величина y растет с увеличением x. Чем круче

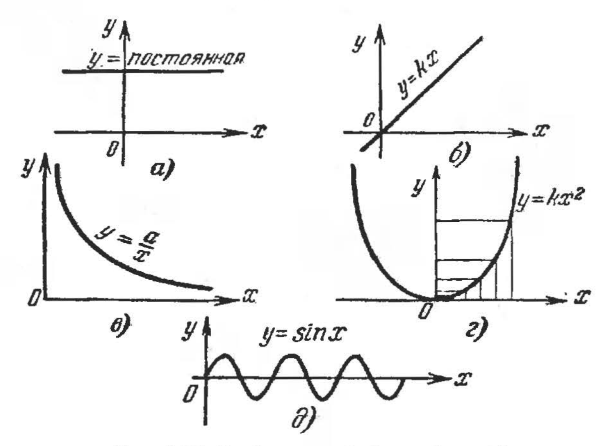


Рис. 1-10. Графики важнейших функций.

поднимается линия графика при неизменном масштабе, тем быстрее увеличивается y. Если линия графика идет горизонтально, то это означает, что величина y не изменяется и на данном участке не зависит от x. Если же линия графика направляется вниз, то это значит, что с увеличением x величина y уменьшается.

Участки графиков, расположенные ниже горизонтальной оси, указывают на то, что величина y здесь имеет отрицательные значения, причем чем ниже от горизонтальной оси спускается график, тем бóльшие отрицательные значения приобретает переменная y.

Если график состоит из повторяющихся участков кривой линии, то это свидетельствует о наличии периодической зависимости одной переменной от другой.

Все эти положения легко продемонстрировать на примерах графиков важнейших функций.

Графики важнейших функций. 1. *Постоянная величина* $y = a$. Она не зависит от x. Ее график выражается прямой, параллельной оси x (рис. 1-10, *а*). Так должна была бы выглядеть, например, идеальная частотная характеристика видеоусилителя (в пределах полосы усиливаемых частот), если коэффициент усиления обозначить y, а частоту — x. В действительности же некоторое приближение к горизонтальной прямой удается получить лишь для определенного диапазона частот.

и D в логарифмической линейке обычного размера $\mu = 250$ *мм*, а для шкал A и B $\mu = 125$ *мм*; шкалы A и B укладываются на протяжении шкалы D два раза.

Устанавливая начало или конец шкалы C движка против штриха m шкалы D на корпусе логарифмической линейки, получают против штриха n шкалы C произведение mn на шкале D. Частное $\frac{m}{n}$ находят, совмещая штрихи m шкалы D и n шкалы C; тогда начало или конец шкалы C указывают на шкале D частное $\frac{m}{n}$. Шкалы A и B выражают квадраты чисел шкал D и C. Кроме этих основных шкал, на лицевой стороне корпуса логарифмической линейки обычного типа имеются: шкала K, на которой нанесены кубы чисел шкалы D, и равномерная шкала L с мантиссами логарифмов чисел шкалы D. На движке часто помещается шкала R, которая представляет собой нанесенную в обратном направлении (справа налево) шкалу D. Эта шкала дает обратные величины чисел шкалы D.

На обратной стороне движка помещены связанные со шкалой D шкалы тригонометрических величин: синусов (S), тангенсов (T), синусов и тангенсов малых углов (ST); если движок вставить в корпус линейки обратной стороной, то на шкале D можно прочесть значение тригонометрических функций углов, нанесенных на шкалах S, T и ST.

Кроме обыкновенной счетной (логарифмической) линейки, имеется большое число специальных счетных линеек, на которых нанесены шкалы, приспособленные для специальных расчетов (электротехнических, гидравлических и т. д.).

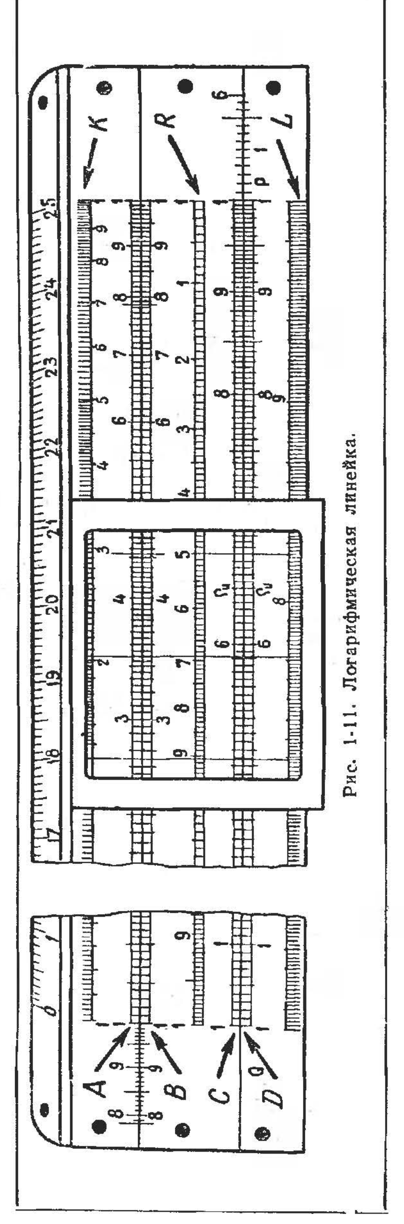


Рис. 1-11. Логарифмическая линейка.

соединены к специальным отводам от первичной обмотки выходного трансформатора. При правильном выборе режима питания и части первичной обмотки $w_э$, введенной в цепь экранирующих сеток, такой усилитель может сохранить экономичность и выходную мощность пентодного каскада, низкое выходное сопротивление триодного каскада и обеспечить меньшие нелинейные искажения, чем в случаях как пентодного, так и триодного включения ламп.

Эти новые ценные качества ультралинейного усилителя возникают в связи с особым нелинейным механизмом отрицательной обратной связи, создаваемой при указанном на схеме способе включения экранирующих сеток. Однако реализация этих преимуществ требует применения высококачественного выходного трансформатора с минимальными индуктивностями рассеяния.

Типовые режимы ультралинейных усилителей приведены в табл. 4-6.

Таблица 4-6

Типовые режимы ультралинейных каскадов

Лампы	$U_{а0}$, в	$U_{э0}$, в	$R_к$, ом	$R_н$, ком	$\frac{w_э}{w_а}$, %	$P_{вых}$, вт	$K_н$, %
6П1П 6П6С	250	250	430	10	22,5	8	0,5
6П3С	385	385	350	6,6	43	20	0,7
6П14П	300	300	130	8	43	10	0,5

Бестрансформаторный усилитель. Высококачественный выходной трансформатор, не вносящий существенных нелинейных и частотных искажений, является весьма сложной и дорогой деталью. Поэтому создание оконечных усилителей, способных работать непосредственно на звуковую катушку громкоговорителя, представляет большой интерес. Для реализации таких усилителей разработаны специальные лампы, развивающие достаточную мощность при пониженном сопротивлении нагрузки, и громкоговорители с повышенным сопротивлением звуковой катушки.

Распространенный вариант схемы бестрансформаторного усилителя приведен на рис. 4-48. Эта схема представляет собой разновидность двухтактного каскада с последовательным включением ламп. Исходные рабочие точки ламп выбираются так, что напряжения (относительно своего катода) и токи соответствующих электродов обеих ламп одинаковые, напряжение питания анодных цепей $U_{а0}$ распределяется между обеими лампами пополам.

Хотя сигнал подается только на одну лампу $Л_1$, однако включенное в ее анодную цепь сопротивление R_3, являющееся одновременно сопротивлением автоматического смещения лампы $Л_2$, передает усиливаемый сигнал в противоположной полярности на управляющую сетку лампы $Л_2$.

Таким образом, при усилении сигнала в этой схеме, как и в обычном двухтактном усилителе, анодные токи обеих ламп изменяются в противоположных направлениях. Но поскольку лампы включены после-

довательно, а к средней точке их соединения (к катоду $Л_2$) подключены громкоговорители, то разностный ток обеих ламп направляется в цепь громкоговорителей и, как обычно, усиленные лампами колебания суммируются.

В отличие от обычных двухтактных усилителей бестрансформаторный каскад по схеме рис. 4-48 не может работать в классе В, так как лампа $Л_1$ является одновременно фазоинвертором для лампы $Л_2$ и в случае ее запирания на лампу $Л_2$ не будет поступать усиливаемый сигнал. В связи с этим часто лампу $Л_2$ называют собственно выходной, а $Л_1$ — ведущей.

Следует также иметь в виду, что поскольку громкоговорители присоединены к катодному выходу лампы $Л_2$ и к анодному выходу лампы $Л_1$, мощности, доставляемые в громкоговорители одной и другой лампами, в общем случае не равны: бо́льшую мощность отдает лампа $Л_2$, ибо выходное сопротивление со стороны катода ниже, чем со стороны анода.

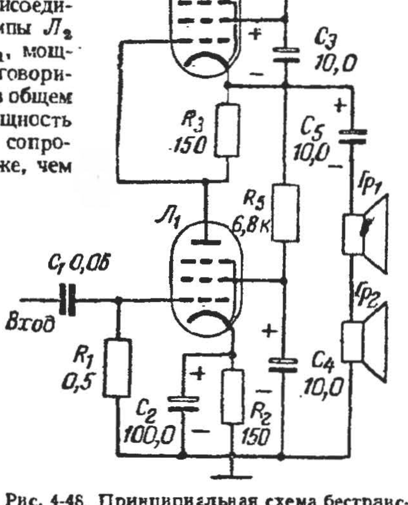


Рис. 4-48. Принципиальная схема бестрансформаторного оконечного усилителя.

Выходной трансформатор однотактного усилителя. Коэффициент трансформации выбирается из условий приведения сопротивления нагрузки к величине, требуемой выбранным режимом оконечной лампы. Согласно формуле (3-54г), коэффициент трансформации

$$n = \sqrt{\frac{R_{1э}}{R_н}}.$$

Применительно к выходному трансформатору в качестве $R_н$ надо подставлять сопротивление переменному току звуковой катушки громкоговорителя $R_{гр}$ (на 20% больше ее сопротивления постоянному току), а в качестве $R_{1э}$ — требуемое выбранным режимом сопротивление нагрузки оконечной лампы $R'_н$:

$$n = \sqrt{\frac{R'_н}{R_{гр}}}. \qquad (4\text{-}14)$$

Индуктивность L_1 первичной обмотки трансформатора рассчитывается по приближенной формуле

$$L_1 \approx 0,2\frac{R'_н}{f_н}, \qquad (4\text{-}15)$$

где $f_н$ — низшая частота усиления.

Пример. Определить параметры выходного трансформатора для оконечного каскада на пентоде 6П14П, если сопротивление звуковой

катушки громкоговорителя $R_{гр} = 4$ *ом*, приведенное сопротивление нагрузки $R_н = 8000$ *ом* и низшая усиливаемая частота $f_н = 100$ *гц*.

По формуле (4-14) находим

$$n = \sqrt{\frac{8000}{4}} = 45$$

и по формуле (4-15)

$$L \approx 0{,}2 \frac{8000}{100} = 16 \text{ гн}.$$

На частотную характеристику в области наиболее высоких звуковых частот оказывает вредное влияние индуктивность рассеяния (параметр, зависящий от конструкции трансформатора и трудно рассчитываемый заранее). Для уменьшения величины индуктивности рассеяния в наиболее высококачественных конструкциях применяют перемежающуюся или секционированную обмотки (рис. 4-49).

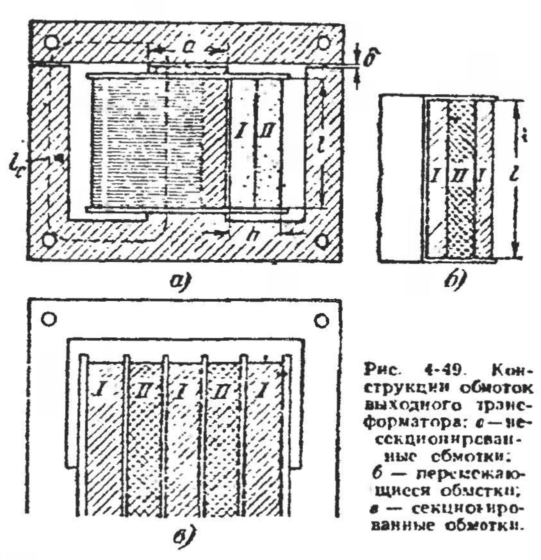


Рис. 4-49. Конструкции обмоток выходного трансформатора: *а* — несекционированные обмотки; *б* — перемежающиеся обмотки; *в* — секционированные обмотки.

Конструктивный расчет выходного трансформатора. По заданным значениям n, L_1 и среднему значению постоянного тока $I_{а\,0}$ в первичной обмотке производят расчет сердечника и обмоточных данных выходного трансформатора.

Площадь поперечного сечения S_c сердечника выходного трансформатора рассчитывается по формуле

$$S_c = \frac{I_{а\,0}^2 L_1}{5000}, \qquad (4\text{-}16)$$

где S_c — в *см*^{2} и $I_{а\,0}$ — в *ма*.

Пластины сердечника выбираются так, чтобы средняя длина магнитной силовой линии l_c (рис. 4-49, *а*), выраженная в сантиметрах,

не была меньше вычисленного по формуле (4-16) численного значения S_c. Кроме того, пластины должны быть разъемными, и необходимый зазор δ (в миллиметрах) при сборке сердечника определяется формулой

$$\delta = \frac{I_{a\,0} w_1}{14 \cdot 10^5}, \qquad (4\text{-}17)$$

где w_1 — число витков первичной обмотки трансформатора:

$$w_1 = 600 \sqrt{\frac{L_1 l_c}{S_c}}. \qquad (4\text{-}18)$$

Толщина пакета пластин (в сантиметрах)

$$b = 1{,}1 \frac{S_c}{a}, \qquad (4\text{-}19)$$

где a — ширина центральной части пластины, *см*.

Диаметр провода первичной обмотки (в миллиметрах)

$$d_1 = 1{,}13 \sqrt{\frac{I_{a\,0}}{\gamma 1000}}, \qquad (3\text{-}16a)$$

где γ (плотность тока) $= 2 \div 2{,}5$ *а/мм²* и $I_{a\,0}$ — в *ма*.

Число витков вторичной обмотки w_2 и диаметр ее провода d_2 рассчитывается по формулам:

$$w_2 = \frac{w_1}{n}; \qquad (4\text{-}20)$$

$$d_2 = d_1 \sqrt{n}. \qquad (4\text{-}21)$$

В заключение расчета проверяют, достаточна ли площадь окна выбранного типа пластин для размещения в нем обмоток. Для этой цели пользуются табл. 9-4 (на стр. 354), в которой указано, сколько витков плотной намотки при различном диаметре и изоляции провода умещается в 1 *см²* сечения обмотки (в таблице не учтены изолирующие прокладки между слоями, которые помещают иногда для повышения электрической прочности трансформатора или для уменьшения собственной емкости обмотки).

Пример. Индуктивность первичной обмотки трансформатора $L_1 = 16$ *гн*, коэффициент трансформации $n = 45$, постоянный ток в первичной обмотке $I_{a\,0} = 48$ *ма*. Найти тип пластин, толщину пакета b, δ, w_1, d_1, w_2 и d_2.

Находим

$$S_c = \frac{48^2 \cdot 16}{5000} = 7{,}4 \text{ см}^2.$$

Выбираем Ш-образные разъемные пластины типа Ш-25 (см. стр. 519), у которых $a = 2{,}5$ *см* и $l_c = 21{,}4$ *см*. Тогда

$$b = 1{,}1 \frac{7{,}4}{2{,}5} \approx 3{,}2 \text{ см};$$

$$w_1 = 600 \sqrt{\frac{16 \cdot 21{,}4}{7{,}4}} = 4100 \text{ витков};$$

$$d_1 = 1{,}13\sqrt{\frac{48}{2{,}5\cdot 1000}} \approx 0{,}15 \text{ мм}; \quad w_2 = \frac{4100}{45} = 91 \text{ виток};$$

$$d_2 = 0{,}15\sqrt{45} = 1 \text{ мм}; \quad \delta = \frac{48\cdot 4100}{14\cdot 10^6} = 0{,}14 \text{ мм}.$$

Приведенный расчет выходного трансформатора однотактного усилителя остается верным и для трансформаторов двухтактного усилителя, за исключением следующих пунктов:

1. Коэффициент трансформации n вычисляется по той же формуле (4-14), но в качестве сопротивления $R_н$ нужно подставлять рекомендуемые табл. 4-5 для двухтактного усилителя значения приведенного сопротивления нагрузки между анодами ламп.

2. Формула (4-16) заменяется формулой

$$S_c = 150\frac{P_{вых}}{f_н l_c}. \qquad (4\text{-}16а)$$

3. В формуле (4-18) вместо множителя 600 нужно поставить 400.

4. Двухтактные трансформаторы делают без воздушного зазора.

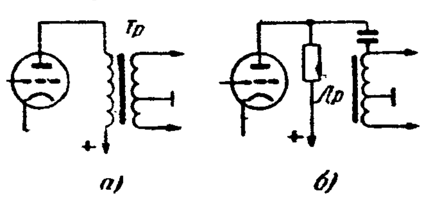


Рис. 4-50. Фазораздвоитель: *а* — с трансформатором; *б* — с дросселем.

Фазораздвоители. В усилителях низкой частоты для перехода с однотактной схемы на двухтактную применяются так называемые фазораздвоители, задачей которых является создание двух одинаковых по величине, но противоположных по фазе напряжений. Каждое из этих напряжений подается затем к управляющим сеткам одной и другой ламп двухтактного усилителя.

На рис. 4-50, *а* изображена схема фазораздвоителя с трансформатором *Тр*, у которого вторичная обмотка имеет отвод от ее середины. Эту схему целесообразно применять в последнем каскаде предварительного усилителя, когда двухтактный оконечный каскад работает в режиме классов $АВ_2$ или В, т. е. когда от предоконечного каскада требуется некоторая мощность.

Фазораздвоитель по схеме рис. 4-50, *а* по существу является трансформаторным усилителем и как таковой может быть выполнен в форме усилителя напряжения, если последний каскад работает без сеточных токов, т. е. в классе А или АВ, или усилителя мощности, если следующий за фазораздвоителем каскад поставлен в режим классов $АВ_2$ или В. В последнем случае для получения наименьших искажений иногда трансформатор включают не в анодную, а в катодную цепь (см. рис. 4-56), при этом, однако, коэффициент усиления лампы ($\mu_к$) уменьшится до единицы из-за глубокой отрицательной обратной связи, но зато предыдущий каскад будет работать в режиме усилителя напряжения.

Для раздвоения фаз вместо трансформатора можно применить дроссель низкой частоты *Др* с отводом от средней точки (рис. 4-50, *б*), в качестве которого может работать вторичная обмотка входного двухтактного трансформатора с поврежденной первичной обмоткой. Однако коэффициент усиления при этом не может быть таким же высоким, как у усилителя с повышающим трансформатором.

Переход с однотактной схемы на двухтактную без трансформаторов может быть осуществлен с помощью так называемых **ф а з о и н в е р с -**

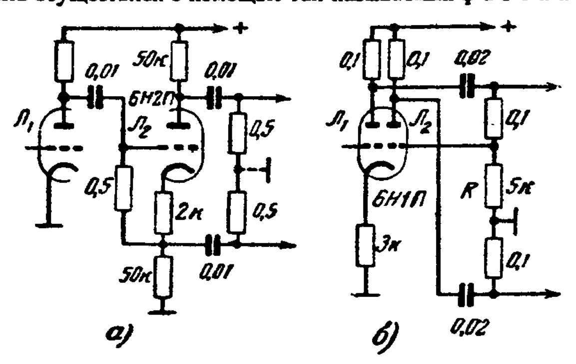


Рис. 4-51. Фазоинверсные схемы с отдельной лампой (инвертором).

н ы х с х е м, две из которых изображены на рис. 4-51. Они могут применяться при условии, что следующий каскад работает без сеточных токов.

Наименьшие искажения вносит схема рис. 4-51, *а*, где лампа $Л_2$ работает с глубокой отрицательной обратной связью. В схеме рис. 4-51, *б* сопротивление *R*, с которого снимается напряжение для поворота фазы на лампу $Л_2$, приходится иногда подбирать опытным путем, чтобы добиться равенства напряжений, подаваемых на каждую из сеток лампы двухтактного каскада.

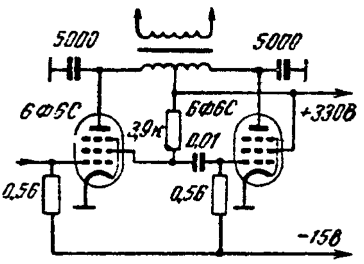


Рис. 4-52. Получение второй фазы за счет одной из ламп оконечного каскада.

В массовых упрощенных конструкциях иногда применяются схемы, в которых роль инверторной лампы возлагают на одну из ламп самого двухтактного усилителя. Одна из них приведена на рис. 4-52.

4-10. Вспомогательные элементы и регулировки

Обратная связь в усилительных каскадах. *Положительная обратная связь*, не доведенная до возникновения генерации, может применяться в высокочастотных резонансных усилителях для повышения их коэффициента усиления и избирательности.

В супергетеродинном приемнике можно устраивать положительную обратную связь в каскадах промежуточной частоты (рис. 4-53), поскольку в них настройка колебательных контуров постоянна и потому нет необходимости регулировать ее в процессе приема. Такая связь повышает усиление приемника в 2—3 раза и улучшает избирательность контура, в котором применена, а потому использование ее имеет смысл

в малоламповых супергетеродинах и в приемниках с малым числом резонансных контуров.

В высококачественных приемниках положительную обратную связь не применяют, так как она все же вносит некоторые искажения и ухудшает стабильность параметров схемы.

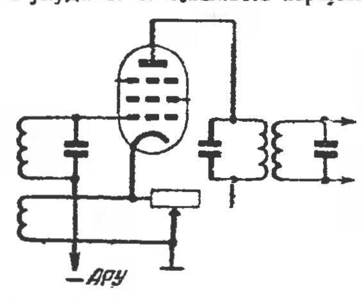


Рис. 4-53. Положительная обратная связь в усилителе промежуточной частоты.

Заметим, что при наличии автоматического регулирования усиления (АРУ) в том каскаде, в котором применена положительная обратная связь, наблюдается эффект автоматического регулирования избирательности: она возрастает при приеме слабых и уменьшается при приеме сильных сигналов. Это объясняется зависимостью степени обратной связи от крутизны характеристики лампы, а крутизна зависит от отрицательного напряжения на сетке, которое создается системой АРУ в соответствии с амплитудой принимаемых сигналов.

Отрицательная обратная связь состоит в том, что часть полученного на выходе усилителя переменного напряжения подводится в противоположной фазе обратно — ко входу, что приводит к снижению усиления. Так как подаваемое обратно напряжение максимально на частоте, на которой максимально усиление, то снижение усиления будет на этой частоте наибольшим. Следовательно, отрицательная обратная

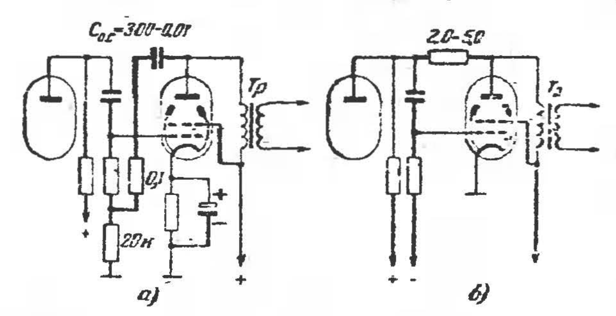


Рис 4-54. Отрицательная обратная связь в оконечном каскаде усилителя низкой частоты.

связь уменьшает частотные искажения. Напряжение обратной связи содержит также нелинейные искажения и составляющую шума, создаваемые усилителем; следовательно, отрицательная обратная связь снижает также нелинейные искажения и шумы, возникающие в усилителе.

Кроме того, отрицательная обратная связь позволяет повышать входное сопротивление и уменьшать выходное сопротивление охваченного ею усилителя.

Необходимое изменение фазы напряжения для отрицательной обратной связи происходит автоматически, если связь по напряжению осуществлена между анодом и сеткой одной и той же лампы (рис. 4-54, *а*)

или между анодами следующих друг за другом ламп (рис. 4-54, *б*). Если же обратная связь охватывает два или больше каскадов, то сдвиг фазы на 180° осуществляют или по схеме рис. 4-55, *а* (при четном числе каскадов), или 4-55, *б* (при нечетном числе каскадов).

Если в усилителе имеется трансформатор, то фаза легко может быть перевернута взаимным переключением концов одной из обмоток трансформатора. В усилителях низкой частоты напряжение обратной связи можно брать со вторичной обмотки выходного трансформатора и вводить его в цепь катода первой лампы усилителя. При этом уменьшаются также искажения, вносимые выходным трансформатором.

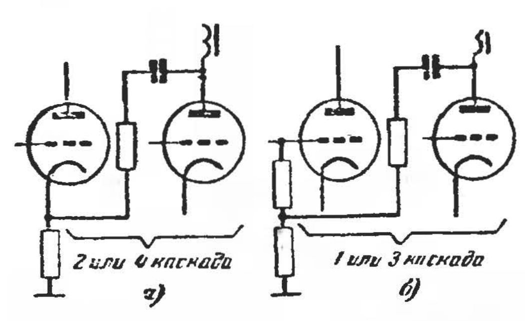


Рис. 4-55. Схемы подачи обратной связи: *а* — при четном числе каскадов; *б* — при нечетном числе каскадов.

В оконечных каскадах мощных усилителей, работающих с непостоянной нагрузкой (в трансляционных установках), отрицательная обратная связь важна и для стабилизации выходного напряжения, так как возникающие при сбросе нагрузки перенапряжения могут оказаться пагубными как для выходного трансформатора, так и для самих оконечных ламп, если в качестве их применены пентоды или лучевые тетроды. Наличие же отрицательной обратной связи ограничивает максимально возможное выходное напряжение, так как всякое увеличение напряжения на выходе автоматически вызывает уменьшение усиления.

Элементы цепи обратной связи можно подобрать так, чтобы скомпенсировать частотные искажения, возникающие в других каскадах радиоустановки. Так, например, если в схеме рис. 4-54, *а* применить конденсатор $C_{о.с}$ недостаточно большой емкости, то для низших частот отрицательная обратная связь будет резко ослаблена, усиление на них окажется больше, чем на средних и, в особенности, на высших частотах, в результате басы окажутся подчеркнутыми, а высокие тона — срезанными. Схемы обратной связи для подъема и срезания низких и высоких тонов рассматриваются ниже.

Разновидностью схемы отрицательной обратной связи является усилитель с катодным выходом (рис. 4-56, *а*), у которого нагрузочное сопротивление включается в цепь катода и напряжение обратной связи равно величине выходного напряжения. Такой каскад по существу не усиливает напряжение: его коэффициент усиления практически

весьма близок к единице. Зато глубокая обратная связь приводит к очень низкому выходному сопротивлению

$$R_{вых} = \frac{1}{S}, \qquad (4\text{-}22)$$

где S — крутизна анодно-сеточной характеристики лампы.

Это свойство катодного повторителя оказывается иногда весьма ценным. Катодный повторитель находит применение вместо трансформаторных усилителей при работе на соединительную линию, в качестве предоконечного каскада, возбуждающего мощный двухтактный усилитель класса AB_2 или B, в измерительной аппаратуре, где требуется иметь высокое входное сопротивление, и др.

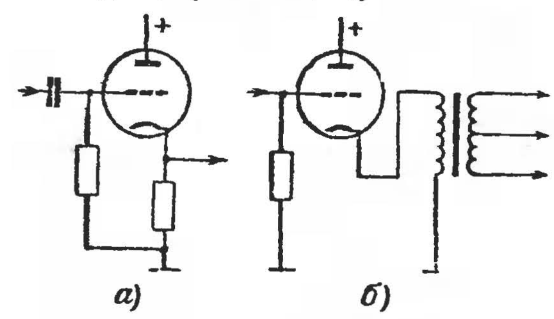


Рис. 4-56. Усилитель с катодным выходом: *а* — с *RC* связью; *б* — трансформаторный.

Отрицательная обратная связь широко используется в измерительной аппаратуре в целях компенсации частотных и нелинейных искажений, повышения входного сопротивления измерительных схем, а также для стабилизации коэффициента усиления каскадов, который при наличии обратной связи не так сильно зависит от изменений питающих напряжений.

Величину (глубину) отрицательной обратной связи принято характеризовать коэффициентом обратной связи β, показывающим, какая доля выходного напряжения вводится обратно на вход усилителя. Если при отсутствии обратной связи коэффициент усиления, коэффициент нелинейных искажений и уровень собственных шумов (в том числе фона переменного тока) усилителя имели значения K, $K_н$ и $U_ш$ соответственно, то после введения отрицательной обратной связи они уменьшаются в $1+\beta K$ раз, т. е.

$$K_{о.с} = \frac{K}{1+\beta K}, \qquad (4\text{-}23)$$

$$K_{н.о.с} = \frac{K_н}{1+\beta K}, \qquad (4\text{-}24)$$

$$U_{ш.о.с} = \frac{U_ш}{1+\beta K}, \qquad (4\text{-}25)$$

где индексами «о. с» отмечены характеристики усилителя с обратной связью. Примерно во столько же раз могут быть уменьшены выходное сопротивление и неравномерность частотной характеристики усилителя, т. е. частотные искажения.

Из формул (4-23)—(4-25) видно, что эффективность обратной связи возрастает с увеличением не только коэффициента β, но и коэффициента усиления K усилителя, охваченного ею. Поэтому выгодно охватывать обратной связью весь усилитель низкой частоты. Однако приведенные выражения справедливы до тех пор, пока напряжение обратной связи имеет строго противоположную фазу в сравнении с входным напряжением. Дополнительные же фазовые сдвиги, накапливающиеся в усилителе, приводят к нарушению этого условия.

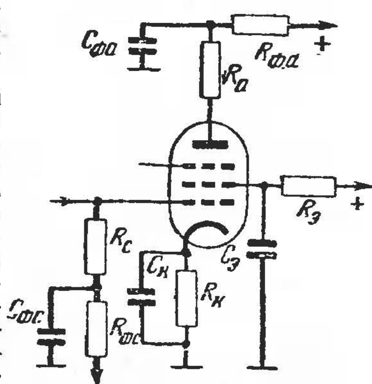


Рис. 4-57. Источники паразитных обратных связей в усилителе.

При охватывании обратной связью большого числа каскадов на некоторых частотах может накопиться столь большой дополнительный сдвиг фаз, что обратная связь из отрицательной превратится в положительную, причем вместо снижения искажений произойдет их увеличение или даже самовозбуждение усилителя. Для предотвращения таких эффектов у высококачественных усилителей резко расширяют полосу равномерно усиливаемых частот, делая ее значительно шире, чем это необходимо для усиления звуковых частот (например, от 5 *гц* до 100 *кгц*). Эта мера обеспечивает малые фазовые искажения и позволяет применять глубокую обратную связь ($1 + \beta K = 20 \div 50$) для подавления других видов искажений.

В менее высококачественных устройствах ограничиваются не слишком глубокой обратной связью ($1 + \beta K = 2 \div 5$), вводимой только в последние 1—2 каскада, которые вносят наибольшие искажения.

Паразитная обратная связь может возникнуть в цепях питания любых электродов ламп через элементы ячеек RC при недостаточной емкости конденсаторов ячеек. В самом деле, малая емкость конденсатора $C_к$, шунтирующего сопротивления в цепи катода лампы (рис. 4-57), приводит к образованию отрицательной обратной связи на низших частотах, для которых X_C конденсатора $C_к$ увеличивается, и на нем выделяется часть усиленного лампой напряжения. Это снижает усиление низших частот.

Такое же действие оказывает уменьшение емкости конденсатора $C_э$ в цепи экранирующей сетки лампы. Наоборот, уменьшение емкости конденсатора $C_{ф.а}$ анодной развязки создает эффект увеличения анодного сопротивления для низших частот и вызывает подъем усиления их, но в то же время делает возможным проникновение усиленных колебаний в источник анодного питания, а оттуда в другие каскады усиления и создает опасность самовозбуждения усилителя.

Таким образом, даже при правильном расчете сигнальных цепей всего усилителя могут возникнуть иногда очень сильные искажения из-за неправильного выбора элементов вспомогательных цепей. Пре-

делы, в которых возможен выбор величины сопротивлений вспомогательных цепей (автоматического смещения, анодной и сеточной развязок, экранирующей сетки), обычно весьма ограничены, так как они определяют поступающие на электроды ламп питающие напряжения.

При определенных значениях сопротивлений возникновение паразитных обратных связей и искажений можно предупредить только правильным выбором конденсаторов $C_к$, $C_{ф.а}$, $C_{ф.с}$ и $C_э$, необходимые емкости которых могут быть рассчитаны по формулам, приведенным в § 3-3. На практике же часто применяют конденсаторы заведомо большой емкости. Так, например, в каскаде высокой и промежуточной частоты берут $C_к = C_{ф.з} = C_{ф.с} = C_э = 0{,}05 \div 0{,}1$ *мкф*, а в каскадах низкой частоты $C_к = C_{ф.а} = 2 \div 10$ *мкф* и $C_{ф.с} = C_э = 0{,}1 \div 0{,}5$ *мкф*.

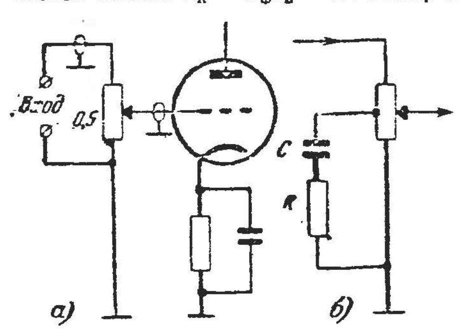


Рис. 4-58. Ручные регуляторы громкости: а — на входе усилителя; б — с тонкомпенсацией.

Часто ячейки $R_{ф.с}C_{ф.с}$ и $R_{ф.а}C_{ф.а}$, особенно в первых каскадах усиления низкой частоты, служат одновременно для дополнительного сглаживания пульсаций питающих напряжений, получаемых от выпрямителя. Тогда, в зависимости от остатка пульсации на выходе выпрямителя и от чувствительности каскада, емкости конденсаторов увеличивают до десятков микрофарад.

Регулировка громкости. Регулировка громкости обычно осуществляется на входе усилителя [illegible] (рис. 4-58, *а*), причем ограничение амплитуды сигнала [illegible] лампе обеспечивает при любой громкости наименьшие [illegible]кажения. Во избежание наводок фона переменного тока на провода, идущие к потенциометру, их экранируют.

Для достижения широкого диапазона регулирования громкости потенциометры, предназначенные специально для этой цели, имеют нелинейный закон изменения сопротивления и отмечаются буквой «В» в обозначении типа (в начале вращения ручки сопротивление изменяется медленно, а потом быстрее).

Особенности слуха человека требуют подчеркивания низких звуков при малой громкости воспроизведения. Для автоматического решения этой задачи применяют так называемые регуляторы громкости с тонкомпенсацией. Простейший регулятор такого типа представляет собой потенциометр с отводом, к которому присоединяется тонкомпенсирующая цепочка, состоящая из последовательно соединенных конденсатора и сопротивления (рис. 4-58, *б*). Элементы этой цепочки часто подбираются опытным путем в пределах $R = 5 \div 50$ *ком* и $C = 0{,}005 \div 0{,}05$ *мкф*.

Все регуляторы громкости включают в схему так, чтобы громкость возрастала при вращении ручки регулятора по часовой стрелке.

Регулировка усиления до детектора. Регулятор громкости, установленный после детектора, не может предотвратить перегрузку ламп усилителя высокой или промежуточной частоты, возникающую при

приеме сильных сигналов. В простейших приемниках в связи с этим иногда переносят регулятор громкости во входную цепь приемника. Одна из таких схем, в которой регулировка осуществляется одновременно путем шунтирования антенной цепи и изменением напряжения сеточного смещении лампы первого каскада, приведена на рис. 4-59.

Однако при этом пропадает возможность регулирования громкости при воспроизведении грамзаписи. Поэтому в современных приемниках, как правило, наряду с регулятором громкости в усилителе низкой частоты применяется независимая регулировка усиления до детектора. В целях упрощения управления приемником эта регулировка делается автоматической, и называется она автоматической регулировкой усиления.

Автоматическая регулировка усиления (АРУ). В приемниках с умеренным запасом усиления по высокой частоте АРУ в первую очередь служит для ограничения максимальных амплитуд сигналов на сетках ламп (за исключением первой). Если же приемник располагает значительным усилением по высокой частоте, то дополнительная задача АРУ состоит в уравнивании громкости различных по силе приема передатчиков и в выравнивании колебаний силы приема, обусловленных замираниями и изменением условий приема.

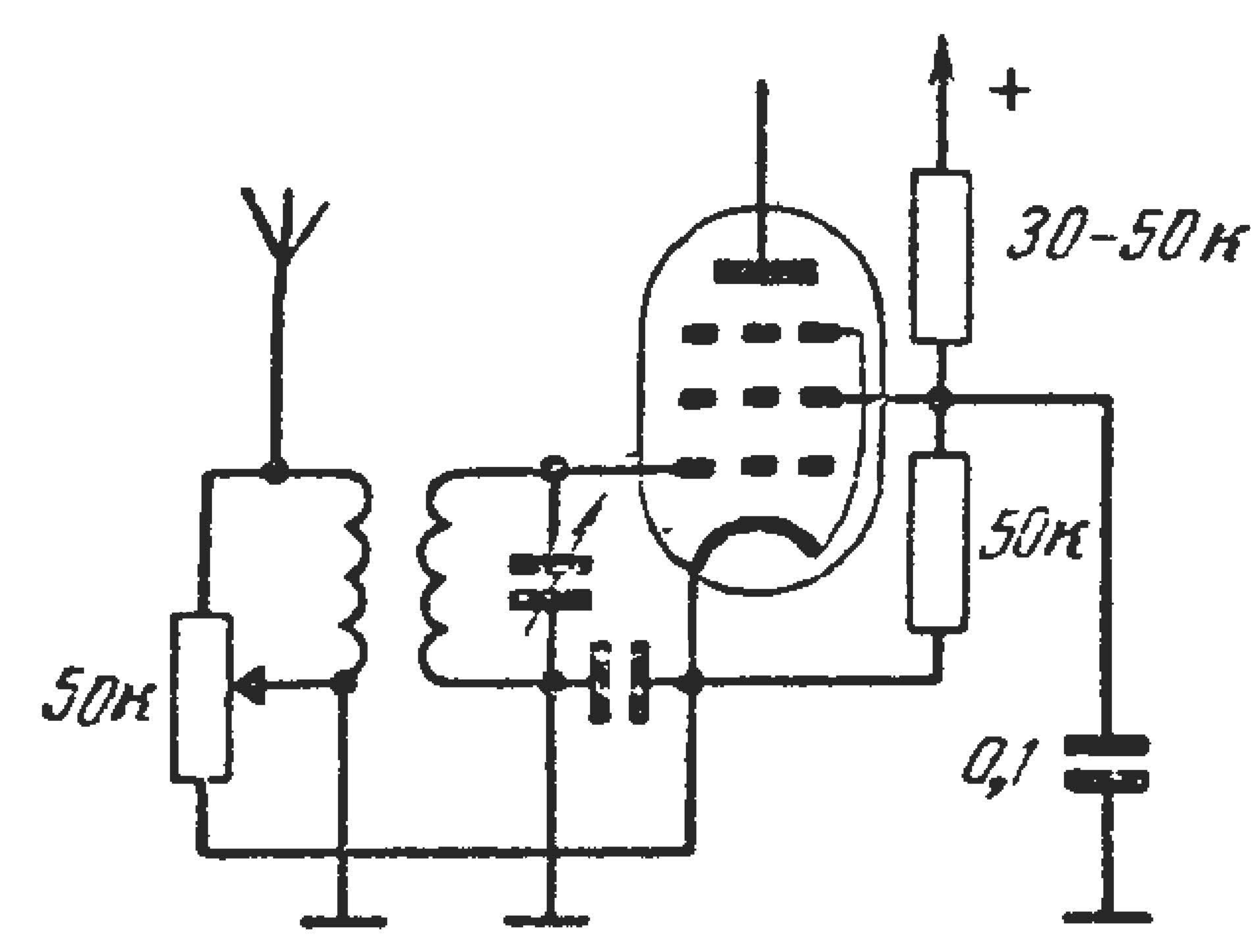


Рис. 4-59. Ручной регулятор усиления.

Принцип осуществления АРУ состоит в использовании получающейся при детектировании высокочастотных колебаний постоянной составляющей напряжения в качестве напряжения смещения для предшествующих детектору ламп.

Для этого можно использовать напряжение на нагрузочном сопротивлении диодного детектора или устроить отдельный детектор для канала АРУ, причем в любом случае необходимо, чтобы выпрямленное напряжение имело относительно заземляющего провода отрицательную полярность.

Далее, напряжение АРУ должно быть свободно не только от высокочастотной пульсации, но и от колебаний низкой частоты, которые получаются в результате детектирования модулированного сигнала.

Для этого полученное после диода напряжение пропускают через соответствующую ячейку *RC* (рис. 4-60, *а*) с постоянной времени около 0.1 *сек*. Сопротивление *R* оказывается введенным в цепи управляющих сеток регулируемых ламп и обычно не превосходит 1—2 *Мом*, а емкость конденсатора *C* должна быть порядка 0,05—0,1 *мкф*.

Увеличивать эту постоянную времени свер 0,1 *сек* нерациональио, так как тогда система АРУ будет срабатывать с некоторым запаздыванием, что будет мешать выравниванию быстрых изменений слышимости при перестройке приемника и замираниях.

Из тех же соображений нерационально делать большую постоянную времени у дополнительных ячеек R_1C_1, служащих главным образом для взаимного развязывания сеточных цепей управляемых каскадов (у них постоянная времени не должна превышать 0,01 *сек*).

Эффективность работы системы АРУ в значительной мере зависит от формы характеристик регулируемых ламп (анодно-сеточные характеристики должны иметь удлиненную форму, чтобы обеспечить изменение крутизны в широких пределах) и резко возрастает с увеличением числа регулируемых каскадов, почему напряжение АРУ подают обычно на сетки всех предшествующих детектору ламп.

Иногда напряжение АРУ подают и на сетку лампы первого каскада усилителя низкой частоты, однако это допустимо лишь при малых

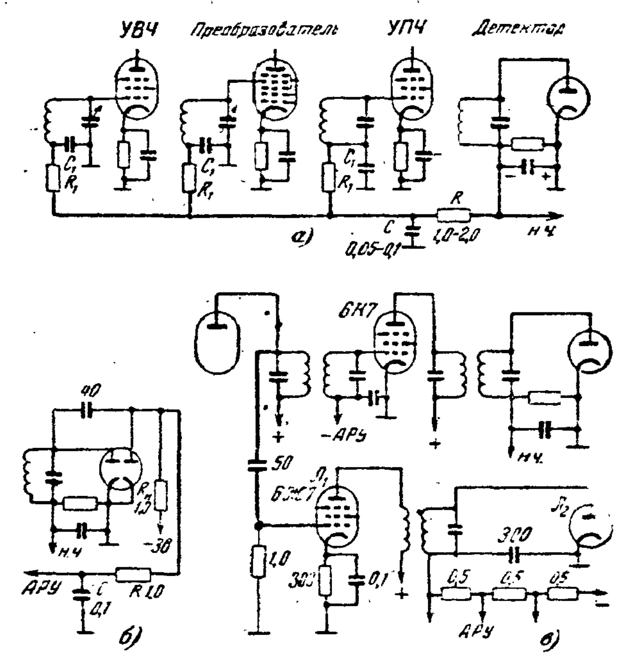


Рис. 4-60. Схемы автоматической регулировки усиления (АРУ): *а* — простая АРУ; *б* — задержанная; *в* — усиленная.

амплитудах сигнала на сетке лампы, так как иначе могут возникнуть нелинейные искажения.

Задержанная АРУ. Принцип ее работы состоит в том, что при приеме слабых сигналов АРУ не работает вовсе и при этом усиление приемника максимально, а вступает она в действие и начинает уменьшать усиление приемника лишь при сигналах, превышающих определенный минимальный уровень (порог срабатывания). Достигается это тем, что на анод диода АРУ подается небольшое отрицательное напряжение (2—3 *в*), которое запирает его, и диод начинает пропускать ток лишь при сигнале, превышающем эти 2—3 *в*.

Очевидно, что при такой системе АРУ для детектирования и регулировки усиления должны применяться два отдельных диода. Для схемы задержанной АРУ (рис. 4-60, *б*) и были выпущены лампы с двумя диодами (6Х2П, 6Г2, 6Б8С и др.).

Усиленная АРУ. Простая и задержанная АРУ не могут полностью уравнять громкость приема различных станций, если даже запас усиления приемника достаточен для того, чтобы любую из них, хотя бы и наиболее слабую, принимать с полной выходной мощностью.

Это объясняется тем, что уменьшить усиление приема более мощной станции можно лишь в том случае, если ее сигналы создадут на детекторе большее напряжение, позволяющее сильнее сместить влево по характеристике рабочие точки регулируемых ламп. Но это означает одновременное увеличение и составляющей напряжения низкой частоты на нагрузочном сопротивлении детектора.

Однако, чтобы громкость приема любых сигналов, превышающих, разумеется, порог чувствительности приемника, была одинаковой, после детектора должно получаться всегда одинаковое напряжение низкой частоты.

Это противоречие может быть решено только подачей регулирующего напряжения АРУ дополнительно и на каскады, следующие за диодом АРУ, в частном случае — на первый каскад усилителя низкой частоты. Но поскольку такая мера может привести к появлению нелинейных искажений, в наиболее совершенных приемниках применяют другой принцип — усиленную АРУ.

Схема усиленной АРУ (рис. 4-60, *в*), кроме диода-выпрямителя $Л_2$, содержит каскад усиления промежуточной частоты на лампе $Л_1$, включенный параллельно последнему каскаду промежуточной частоты основного канала. На сетку лампы дополнительного усилителя регулирующее напряжение не подается, а в ее анодную цепь вместо полосового фильтра обычно включается одиночный контур. В связи с этим усиление в канале АРУ и напряжение, поступающее на диод АРУ, получаются больше усиления основного канала и напряжения на его детекторе. Выравнивание характеристики АРУ осуществляется подачей на различные каскады большей или меньшей части напряжения от нагрузочного сопротивления диода АРУ, для чего оно разбивается на секции.

Индикаторы настройки. Приемники, снабженные АРУ, имеют тот недостаток, что при настройке на несущую частоту передатчика по максимуму громкости трудно определить середину резонансной кривой, а неточная настройка может быть причиной искажений. Поэтому в них часто применяют индикаторы точной настройки.

Индикатор тока в анодной цепи регулируемых ламп. Вследствие смещения рабочей точки напряжением АРУ уменьшается не только крутизна характеристик ламп, но и их анодный ток. Поэтому, включив в анодную цепь регулируемой лампы миллиамперметр, можно судить о точной настройке приемника по минимальному значению анодного тока. Этот тип индикаторов настройки применяется главным образом в профессиональных приемниках.

В настоящее время получил преобладающее распространение *электронно-оптический индикатор* напряжения после детектора. В качестве таких индикаторов используют специальные электронно-световые лампы (например, 6Е5С). На управляющую сетку такой лампы подается отрицательное сглаженное постоянное напряжение, выделяющееся на нагрузочном сопротивлении диодного детектора (рис. 4-61).

Сглаживание низкочастотной пульсации осуществляется ячейкой RC с постоянной времени порядка 0,05 сек.

Чтобы эта цепь не шунтировала нагрузочное сопротивление

детектора, сопротивление R должно быть по возможности большим (обычно 1 *Мом*), следовательно, емкость конденсатора C должна составлять около 0,05 *мкф*. Уменьшение постоянной времени приводит к проникновению на сетку индикатора низкочастотных колебаний, в результате чего края его теневого сектора расплываются, а излишнее увеличение замедляет реакцию индикатора, затрудняя точную настройку.

Рис. 4-61. Электронно-оптический индикатор настройки.

Автоматическая настройка и подстройка. Автоматическая, или фиксированная, настройка имеет целью упростить настройку приемника на наиболее часто принимаемые станции. Большей частью она осуществляется с помощью кнопочного механизма, включающего сменные контуры с фиксированной настройкой. Кнопки автоматической настройки имеют контакты, включающие в гетеродине и усилителе высокой частоты тот или иной комплект колебательных контуров, заранее настроенных для приема определенного передатчика (рис. 4-62).

В приемниках, имеющих в усилителе высокой частоты два резонансных контура, кнопочную настройку производят обычно только в одном из них, а другой при переходе с плавной настройки на автоматическую выключается вовсе. Это упрощает конструкцию приемника, облегчает первичную настройку кнопок и не слишком ухудшает параметры приемника, так как кнопочная настройка обычно применяется на близкие, хорошо слышимые станции, не требующие дополнительного усиления по высокой частоте и особенно высокой избирательности.

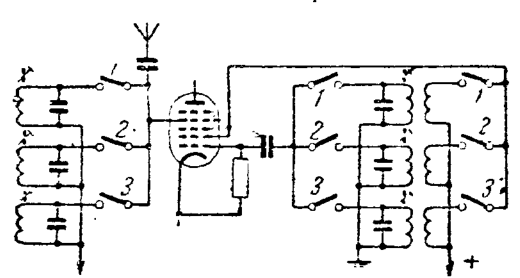


Рис. 4-62. Схема с контурами, настроенными на фиксированные частоты.

В других случаях пользуются и более сложными методами автоматической настройки, например с помощью электродвигателя.

Для повышения точности настройки приемника при автоматической его настройке, а также для повышения устойчивости настройки на коротких волнах применяется автоматическая подстройка. Системой автоматической подстройки частоты снабжаются только приемники высшего класса.

Регулировка тембра. Регулировка тембра — это изменение частотной характеристики усилителя низкой частоты.

Регуляторы тембра осуществимы как в виде регулируемых фильтров, включенных в том или ином участке низкочастотного усилительного канала, так и в виде аналогичных фильтров в цепи отрицательной обратной связи.

Когда требуются особенно широкие пределы регулирования, зачастую в усилитель вводится специальный каскад, не дающий заметного

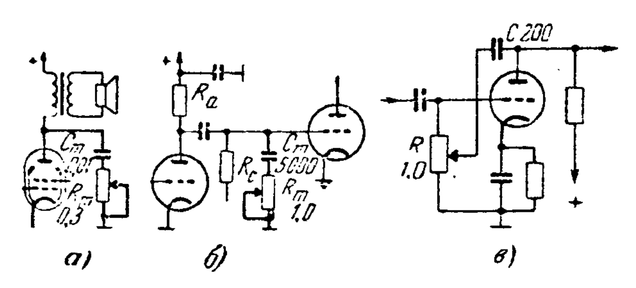


Рис. 4-63. Схемы регуляторов верхних частот.

усиления на средних частотах, но позволяющий получить как уменьшение, так и значительный подъем усиления на высших и низших частотах.

В простых приемниках предусматривают регулировку тембра только за счет изменения усиления в области верхних частот. Чаще всего такой регулятор представляет собой последовательное соединение постоянного конденсатора C_m и переменного сопротивления R_m, подключаемого к первичной обмотке выходного трансформатора или к сеточной цепи любого из каскадов усилителя низкой частоты (рис. 4-63, *а* и *б*).

На рис. 4-63, *в* приведена схема регулятора верхних частот, основанная на применении отрицательной обратной связи. Малая емкость конденсатора C приводит к появлению обратной связи только на высших частотах, усиление которых ослабляется в тем большей мере, чем ближе к верхнему по схеме концу потенциометра R придвинут его ползунок.

Рис. 4-64. Схема регулятора тембра с раздельной регулировкой нижних и верхних частот.

В современных радиоприемниках, как правило, применяют раздельную регулировку в области нижних и верхних частот, причем обеспечивают возможность как ослабления их, так и подъема. Две наиболее употребительные схемы таких регуляторов показаны на рис. 4-64 и 4-65.

Регулятор по схеме рис. 4-64 включается между двумя каскадами усилителя низкой частоты. Благодаря малой емкости конденсаторов C_1

и C_2 на потенциометре R_1 выделяются в основном колебания высших частот. На потенциометре же R_3 из-за наличия блокирующих его плечи конденсаторов C_3 и C_4, напротив, в основном выделяются колебания низших частот. Кроме того, соотношения между емкостями всех конденсаторов и сопротивлениями R_2 и R_4 обеспечивают передачу средних частот с ослаблением их напряжения примерно в 10 раз. Таким образом, потенциометры R_1 и R_3 позволяют независимо регулировать передачу высших и низших частот, обеспечивая как подъем, так и срезание их относительно средних частот. Сопротивление R_5 уменьшает взаимное влияние регулировок.

Поскольку такой регулятор ослабляет средний уровень сигнала в 10 раз, то при его употреблении приходится вводить дополнительный каскад в усилитель низкой частоты.

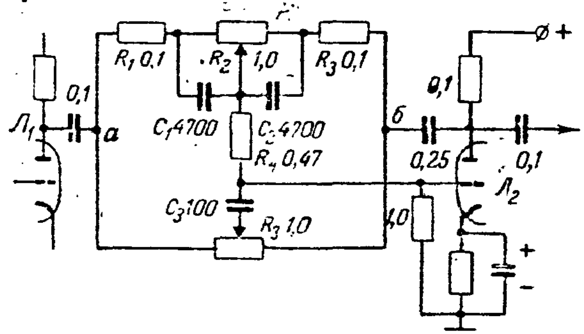


Рис. 4-65 Схема раздельной регулировки нижних и верхних частот с помощью обратной связи

В схеме на рис. 4-65 потенциометры включены между [illegible] и выходной (б) точками усилительного каскада на лампе $Л_2$, а [illegible] соединены с управляющей сеткой лампы $Л_2$. Таким образом, перемещение движков слева направо (по схеме) приводит к введению отрицательной обратной связи и уменьшению усиления. Однако эта обратная связь осуществляется не на всех частотах. Потенциометр R_2 регулирует обратную связь, а следовательно, и усиление только на нижних частотах, ибо его плечи заблокированы конденсаторами C_1 и C_2. Потенциометр R_3, напротив, регулирует усиление только верхних частот, ибо напряжение с его движка передается на сетку лампы $Л_2$ через конденсатор C_3 малой емкости.

Усиление средних частот определяется обратной связью, зависящей от соотношения сопротивлений R_1 и R_3, и таким образом заранее ограничено. Поэтому при регулировке верхних и нижних частот можно получить как их ослабление, так и подъем.

В этой схеме, в отличие от предыдущих, потенциометры R_2' и R_3 должны иметь линейную зависимость сопротивления от угла поворота ручки.

Существует также много других схем регулировок тембра. Помимо плавных регуляторов тембра, в последнее время начинают вводить в приемники кнопочные переключатели тембра (тонрегистры), позволяющие очень просто устанавливать наиболее благоприятные для отдельных видов передач частотные характеристики.

НЕИСПРАВНОСТИ В СХЕМЕ ВЫПРЯМИТЕЛЯ (РИС. 49)

Вид повреждения	Характерные признаки неисправности
Потеря емкости или обрыв вывода конденсатора $C_{ф2}$	Постоянное напряжение на выходе выпрямителя уменьшается и начинает пульсировать. Приемник будет работать с меньшей громкостью. В динамике приемника появится фон переменного тока.
Пробой конденсатора $C_{ф2}$	Напряжение на выходе выпрямителя оказывается замкнутым накоротко. Через обмотку трансформатора, выпрямительные диоды и обмотку дросселя фильтра протекает чрезмерно большой ток. При этом на диоде рассеивается большая мощность, он нагревается и выходит из строя. Если предохранитель, включенный в цепи первичной обмотки трансформатора питания, рассчитан правильно, то при таком повреждении он перегорает.
Замыкание обмотки дросселя фильтра на сердечник	Так как сердечник дросселя обычно электрически соединен с шасси, т. е. с минусом выпрямленного напряжения, а обмотка дросселя включена в цепь плюса этого напряжения, то получится короткое замыкание цепи выпрямленного напряжения. Внешние признаки неисправности те же, что в предыдущем пункте.
Обрыв обмотки дросселя фильтра	На конденсаторе $C_{ф2}$, а также на нагрузке, выпрямленное напряжение отсутствует.
Потеря емкости или обрыв вывода конденсатора $C_{ф1}$	Как и при аналогичном повреждении конденсатора $C_{ф2}$, величина пульсаций возрастёт, и на выходе приемника будет слышен фон переменного тока.
Пробой конденсатора $C_{ф1}$	В схеме происходят те же явления, что и при пробое конденсатора $C_{ф2}$.
Потеря эмиссии вакуумного диода	Катод кенотрона теряет способность излучать электроны. Величина выпрямленного напряжения уменьшается, и приемник работает с меньшей громкостью. При полной потере эмиссии приемник перестает работать совсем.
Обрыв нити накала диода	При коротком замыкании цепи выпрямленного напряжения анод и катод кенотрона сильно нагреваются. Если это происходит длительное время, то катод перегорает и кенотрон выходит из строя. В худшем случае оборвавшаяся нить накала замыкает между собой аноды кенотрона, т. е. концы повышающей обмотки транс-

Вид повреждения	Характерные признаки неисправности
	форматора питания, которые начинают нагреваться и, спустя некоторое время, также могут выйти из строя.
Пробой полупроводникового диода (часто встречающееся повреждение)	При пробое выпрямительного диода односторонняя проводимость в цепи исчезает и через $C_{ф1}$ будет протекать ток в обоих направлениях. Если конденсатор $C_{ф1}$ электролитического типа, то при прохождении тока в обратном направлении в нем возникает химическая реакция, сопровождающаяся выделением большого количества газов. Конденсатор сильно нагревается и может взорваться.
Обрыв среднего вывода повышающей обмотки трансформатора питания	Цепь выпрямленного тока разрывается, на выходе выпрямителя напряжение будет отсутствовать.
Обрыв одного из крайних выводов повышающей обмотки трансформатора питания	Схема выпрямителя из двухполупериодной превращается в однополупериодную. Фильтрующего действия конденсаторов и дросселя «не хватает», чтобы сгладить появившуюся пульсацию и на выходе приемника будет слышен фон переменного тока.
Межвитковое замыкание в трансформаторе питания	Через короткозамкнутые витки обмотки протекает чрезмерно большой ток, вызывающий сильное нагревание проводника. Изоляция проводника перегревается и теряет свои изолирующие свойства, и трансформатор может выйти из строя.

НЕИСПРАВНОСТИ В СХЕМЕ УСИЛИТЕЛЯ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ (РИС. 64 и 93)

Вид повреждения	Характерные признаки неисправности
Обрыв цепи звуковой катушки громкоговорителя	Ввиду того, что вся схема усилителя работает нормально, в первичной обмотке выходного трансформатора будет создаваться переменный магнитный поток. Под его воздействием пластины сердечника трансформатора придут в колебательное движение. При этом будет слышен слабый звук, хотя динамик не работает.

Вид повреждения	Характерные признаки неисправности
Обрыв первичной обмотки выходного трансформатора	Через первичную обмотку трансформатора ток не протекает, в сердечнике переменный магнитный поток не образуется, и поэтому громкоговоритель не работает. Кроме того, на анод выходной лампы напряжение не подается, вследствие чего через экранирующую сетку протекает чрезмерно большой ток. Лампа сильно перегревается и может выйти из строя.
Замыкание первичной обмотки выходного трансформатора на сердечник	Так как обычно сердечник электрически соединен с шасси, то это приводит к короткому замыканию источника $E_а$ (выпрямителя) со всеми вытекающими отсюда последствиями.
Межвитковое замыкание первичной обмотки выходного трансформатора	Энергия, которая ранее передавалась из первичной обмотки во вторичную, теперь расходуется на короткозамкнутых витках. Сила звука в громкоговорителе резко уменьшится.
Потеря эмиссии лампы	Катод лампы излучает меньшее количество электронов. Как абсолютная величина анодного тока, так и его изменения (крутизна характеристики) уменьшаются. Уменьшается и громкость звучания на выходе усилителя.
Увеличение сопротивления резистора $R_{к2}$ или его обрыв	Падение постоянного напряжения на резисторе возрастает. На сетку лампы подается чрезмерно большое напряжение смещения, вследствие чего рабочая точка перемещается левее середины прямолинейного участка характеристики. При этом возникают искажения формы анодного тока лампы, сопровождающиеся появлением искажений звука, заметных на слух. При полном обрыве резистора $R_{к2}$ лампа запирается и схема перестает работать.
Потеря емкости конденсатора $C_{к2}$ или его обрыв	В каскаде возникает отрицательная обратная связь по току. Коэффициент усиления каскада уменьшится, что приведет к уменьшению громкости звучания.
Увеличение сопротивления $R_{э2}$ резистора или его обрыв	На экранирующей сетке лампы $Л_2$ напряжение уменьшится или будет равно нулю. Крутизна ее характеристики резко уменьшится и громкость звука значительно уменьшается.

Вид повреждения	Характерные признаки неисправности
Пробой конденсатора $C_{э2}$	Как и в предыдущем случае, на экранирующей сетке лампы $Л_2$ напряжение будет равно нулю и лампа будет плохо работать. Кроме того, из-за чрезмерно большого тока резистор $R_{э2}$ будет сильно нагреваться и может выйти из строя.
Потеря емкости конденсатора $C_э$ или обрыв	В каскаде возникает явление параметрической обратной связи по цепи экранирующей сетки, вследствие чего коэффициент усиления, а, стало быть, и громкость звука на выходе усилителя уменьшится.
Обрыв резистора R_c	Электроны, попавшие на сетку лампы $Л_2$ из раскаленного катода, не успевают «стекать» на землю, будут накапливаться на сетке и тормозить движение последующих электронов от катода к аноду. Кроме того, на сетку лампы напряжение смещения подаваться не будет, и режим работы лампы нарушится. Все это приведет к возникновению искажений звука в динамике.
Обрыв конденсатора C_{c1}	Разрывается цепь полезного сигнала; на вход последней лампы напряжение не поступает и усилитель не работает.
Уменьшение сопротивления изоляции конденсатора C_{c1} или его пробой	На сетку второй лампы через сопротивление утечки конденсатора попадает постоянное напряжение. Режим работы лампы нарушается, возникают искажения звука в динамике.
Увеличение номинала сопротивления резистора R_{a1}	Падение постоянного напряжения на резисторе R_{a1} возрастает, а на аноде лампы, наоборот, уменьшается. Крутизна характеристики лампы и коэффициент усиления каскада уменьшается, что приводит к уменьшению громкости звучания. При обрыве резистора R_{a1} работа лампы становится невозможной.
Увеличение номинала сопротивления резистора $R_{э1}$	Напряжение на экранирующей сетке первой лампы оказывается пониженным по сравнению с нормальным, крутизна характеристики лампы уменьшается, что ведет к уменьшению громкости звука. При обрыве резистора $R_{э1}$ лампа перестает работать.
Пробой конденсатора $C_{э1}$	Напряжение экранирующей сетки, как и при обрыве резистора $R_{э1}$, становится равным нулю, и лампа перестает работать.

Вид повреждения	Характерные признаки неисправности
Обрыв конденсатора C_{94}	В каскаде возникает обратная связь по цепи экранирующей сетки, приводящая к ухудшению усилительных свойств лампы $Л_1$ и к уменьшению громкости звука в динамике.
Увеличение номинала сопротивления резистора R_{81}	Из-за того что на сетке лампы $Л_1$ действует малое по величине напряжение входного сигнала, и уменьшение усиления, и увеличение искажений происходит не столь заметно, как это имело место в выходном каскаде.

НЕИСПРАВНОСТИ В СХЕМАХ УПЧ, СМЕСИТЕЛЯ И ГЕТЕРОДИНА (РИС. 93)

Вид повреждения	Характерные признаки неисправности
Замыкание проводника катушки ФПЧ L_6 на экран	Так как экран ФПЧ всегда электрически соединен с шасси приемника, а шасси — с отрицательным зажимом источника E_a, то при таком повреждении происходит короткое замыкание выпрямителя со всеми последствиями.
Обрыв катушки ФПЧ L_6	Напряжение на аноде лампы УПЧ $Л_2$, окажется равным нулю, и лампа, а следовательно и весь приемник в целом, работать не будут.
Потеря эмиссии лампы $Л_2$	Крутизна характеристики лампы уменьшится, что приведет к уменьшению коэффициента усиления УПЧ и в конечном итоге к уменьшению громкости звучания на выходе.
Увеличение номинала сопротивлении резистора R_5	Крутизна характеристики лампы уменьшается, что приводит к уменьшению громкости звучании на выходе приемника.
Пробой конденсатора C_8	Напряжение на экранирующей сетке лампы оказывается равным нулю. Каскад УПЧ, а, стало быть, весь приемник не работает.
Обрыв катушки ФПЧ L_4	Нарушается схема второго контура первого ФПЧ. На сетке лампы напряжение отсутствует. Приемник работать не будет.
Обрыв в катушке ФПЧ L_3	То же, что и для катушки L_6

Вид повреждения	Характерные признаки неисправности
Потеря эмиссии лампой $Л_1$	Потеря эмиссии лампой $Л_1$ прежде всего скажется на работе гетеродина, который будет вырабатывать напряжение меньшей амплитуды. При этом уменьшается полезное напряжение промежуточной частоты, что приводит к уменьшению громкости звучания на выходе. При значительной потере эмиссии колебания в гетеродине срываются и приемник перестает работать.
Увеличение номинала сопротивления резистора R_1	Экранирующая сетка гептода одновременно является анодом гетеродинной части лампы. При увеличении сопротивления резистора R_1 напряжение на этой сетке уменьшается, что приводит к нарушению нормальной работы схемы гетеродина. Напряжение, вырабатываемое гетеродином, уменьшится, что приведет к уменьшению громкости звучания на выходе приемника. При некотором, достаточно большом, увеличении сопротивления резистора R_1, а тем более при его обрыве, колебания гетеродина срываются и приемник перестает работать.
Обрыв нижнего вывода катушки L_5. Плохой контакт в переключателе при коммутации среднего вывода	Разрывается цепь анодного тока преобразовательной лампы. Преобразовательный каскад целиком выйдет из строя. Приемник работать не будет.
Обрыв верхнего вывода катушки L_5. Плохой контакт в переключателе	Нарушается схема гетеродинного контура. Схема гетеродина, и за ней и схема всего приемника перестают работать.
Замыкание пластин конденсатора настройки гетеродина C_{13}	Контур гетеродина замкнут накоротко, колебания в гетеродине срываются, и приемник перестает работать. При частичном, периодическом замыкании пластин в динамике приемника будет слышен громкий треск.
Обрыв конденсатора C_{10}	Цепь обратной связи, существующая между анодной и сеточной цепями лампы гетеродина, разрывается, и гетеродин, а следовательно, и приемник перестают работать.

нию, [1] свистам, самовозбуждению и появлению фона переменного тока. Устранение этих неисправностей довольно часто представляет большие трудности, и успех дела в значительной степени зависит от опытности радиомастера. Изложенные выше методы систематического отыскания неисправностей в этих случаях применимы лишь отчасти и далеко не всегда дают исчерпывающий ответ о причине неисправности.

Фон переменного тока. Причины, приводящие к появлению фона переменного тока, делятся на три основные группы: 1) попадание по цепям питания переменного тока в каскады низкой частоты, 2) влияние электрического и магнитного полей на низкочастотные цепи, обусловленное неудачным расположением отдельных проводов и деталей, и 3) наложение фона на высокочастотные цепи или модулирующий фон, слышимый только при настройке приемника на радиостанцию.

Наличие постоянно слышимого фона говорит о том, что он накладывается тем или иным путем на низкочастотные цепи приемника. Поэтому прежде всего следует проверить, достаточно ли сглаживается пульсация постоянного тока фильтром выпрямителя. Для этого выверенный высоковольтный конденсатор емкостью 40—100 *мкф* присоединяют параллельно сначала ко второму, а потом к первому конденсаторам сглаживающего фильтра ремонтируемого приемника или усилителя (при некоторых схемах выпрямителей присоединение дополнительного конденсатора параллельно второму конденсатору может усилить фон переменного тока, но тогда увеличение емкости первого конденсатора ослабляет его).

Если это дает желаемый эффект, то нужно заменить один или оба конденсатора сглаживающего фильтра или увеличить емкость конденсаторов в анодных или сеточных развязывающих фильтрах.

Если же такое мероприятие не вызывает заметного ослабления фона, то вернее всего имеет место вторая причина. Чтобы быстро обнаружить, в каком низкочастотном каскаде накладывается фон, вынимают одну за одной все лампы, начиная со входной и вплоть до предоконечной, и следят, при вынимании какой из них прекращается фон. Лампы оконечных каскадов при включенном питании вынимать нельзя, так как вызванное этим резкое снижение нагрузки выпрямителя приводит к значительному повышению анодного напряжения, что в свою очередь может вызвать пробой конденсаторов сглаживающего фильтра.

Часто встречающимися причинами фона вследствие наводки являются обрывы экранирующих оболочек, появление утечки между нитью накала и катодом у входной лампы усилителя низкой частоты.

Причиной модулирующего фона также может быть плохое сглаживание пульсации напряжений, питающих высокочастотные лампы. Особенно чувствительны к этому входные каскады приемников (усилитель высокой частоты и преобразователь), а также гетеродин, в связи с чем для питания этих каскадов иногда устраивают дополнительную ячейку сглаживающего фильтра.

Модулирующий фон переменного тока, прослушиваемый только при приеме местных станций, легко устраняется блокированием анода кенотрона на его катод или на землю (рис. 10-6), а также блокированием

---

[1] Явление затягивания состоит в отклонении частоты колебаний гетеродина от резонансной частоты его колебательного контура, возникающем из-за наличия паразитной связи между входными контурами и цепями гетеродина или из-за влияния режима смесителя (изменяющегося при настройке на мощные передатчики) на режим гетеродина. Затягивание сказывается в непостоянстве градуировки шкалы настройки приемника.

плеч повышающей обмотки трансформатора конденсаторами *C* емкостью 0,005—0,01 *мкф*; рабочее напряжение этих конденсаторов должно быть не меньше утроенного напряжения плеча повышающей обмотки силового трансформатора (1000—1500 *в*).

Прежде чем устранять фон, появляющийся при приеме радиостанций, надо убедиться, что модуляция фоном происходит в приемнике, а не на передатчике. Для этого лучше всего проверить прием той же радиостанции с помощью другого приемника.

Особо надо отметить способы устранения фона в аппаратуре с лампами прямого накала при питании их нитей переменным током. Тут необходимо точное симметрирование цепи накала, что не всегда обеспечивается устройством отвода средней точки накальной обмотки. Более эффективной мерой является включение между выводами нити низкоомного потенциометра, ползунок которого нужно рассматривать как вывод от катода лампы. Точное симметрирование нити осуществляется при включенном питании на слух установкой движка потенциометра в положение, при котором меньше всего слышен фон переменного тока.

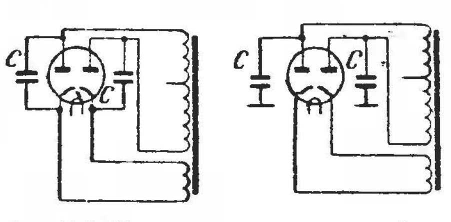


Рис. 10-6. Устранение модулирующего фона.

Аналогичное мероприятие позволяет значительно уменьшить фон, проникающий из цепей накала в усилителях низкой частоты с высоким коэффициентом усиления (в магнитофонах, микрофонных усилителях).

Если аппарат смонтирован вновь, то причиной наводки фона может быть неудачное расположение отдельных цепей и трансформаторов. Об этом говорилось в гл. 9.

Паразитное самовозбуждение. Для определения причины самовозбуждения сначала надо внимательно прослушать работу приемника или усилителя при различных установках органов управления (регуляторов громкости, тембра, настройки). По характеру звуков, вызванных самовозбуждением, и по влиянию, оказываемому различными регуляторами, часто можно определить характер паразитных связей, приведших к самовозбуждению, и очаг последнего.

Так, например, звук, напоминающий шум моторной лодки, свидетельствует о самовозбуждении низкочастотного усилителя, вызванном связью его каскадов через общие цепи анодного питания. Для его устранения надо усилить развязку анодных цепей этого усилителя.

Звенящий вой, появляющийся при громком приеме коротковолновых станций и изменяющийся от постукивания по корпусу приемника, свидетельствует об акустическом влиянии громкоговорителя на вибрирующие детали гетеродинного контура. Для борьбы с этим явлением надо обнаружить вибрирующую деталь (последовательным постукиванием резиновым или пробковым молоточком по всем деталям, проводам и лампам в схеме гетеродина) и прочнее закрепить или, наоборот, амортизировать ее. Может также потребоваться замена отдельных деталей (лампы, блока конденсаторов переменной емкости) и амортизация громкоговорителя или шасси.

Сильные свисты, сопровождающие прием каждой станции на всех диапазонах, свидетельствуют о самовозбуждении усилителя промежу-

точной частоты (при этом теневой сектор электронно-светового индикатора настройки даже при отсутствии приема в большей или меньшей мере сужен).

Для обнаружения очага самовозбуждения пригоден способ поочередной проверки каскадов — изъятием предшествующих очагу самовозбуждения ламп. Если, например, самовозбуждение не прекращается при вынимании любой лампы высокочастотной части приемника вплоть до последнего каскада усиления промежуточной частоты, а при вынимании входной лампы усилителя низкой частоты пропадает, то паразитная связь в этом случае обусловлена воздействием какой-либо цепи на входную цепь низкочастотного усилителя.

Важно выявить не только, на какую цепь действует нежелательное влияние, но и какая цепь производит это влияние. Для этого применим

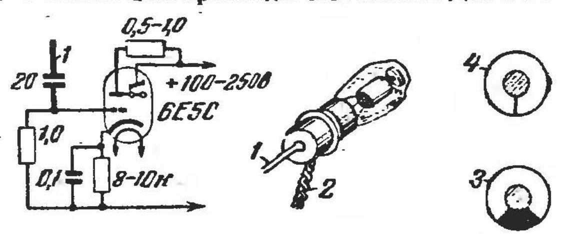


Рис. 10-7. Электронно-световой индикатор.
1 — короткий щуп; 2 — шланг питания; 3 — колебаний нет; 4 — колебания есть.

способ изменения реактивности последующих цепей, который заключается в том, что к анодным нагрузочным сопротивлениям ламп, начиная с выхода приемника, присоединяют поочередно конденсатор большей или меньшей емкости, и так постепенно приближаются к очагу самовозбуждения, который обнаруживается по изменению частоты самовозбуждения или по полному его прекращению.

Предположим, что присоединение конденсатора к выходному трансформатору уменьшило только громкость, не изменив характера самовозбуждения. Это значит, что оконечный каскад не охвачен самовозбуждением и цепь, создающую нежелательное воздействие на вход усилителя, надо искать до него. Но, если, например, при подключении конденсатора параллельно первичной обмотке выходного трансформатора самовозбуждение снимается или изменяется его характер, то или эта цепь, или последующая (цепь вторичной обмотки выходного трансформатора) оказывают влияние на входную цепь усилителя.

Определив, между какими двумя цепями происходит вредное взаимодействие, нетрудно внимательным осмотром их монтажа найти место взаимосвязи и экранированием или частичным изменением монтажа этих цепей устранить самовозбуждение.

Самовозбуждение на высокой частоте далеко не всегда проявляется в виде постоянно слышимого в громкоговорителе постороннего звука, чаще о нем можно судить по наличию громких свистов при настройке на станцию или по характерным искажениям, резкому снижению громкости и другим специфическим особенностям. Обнаружить такое самовозбуждение можно с помощью лампового вольтметра или электронно-светового индикатора (рис. 10-7), которые присоединяют последовательно ко всем колебательным контурам исследуемых каскадов.

В табл. 10-2 даны сводка наиболее часто встречающихся видов самовозбуждения и меры борьбы с ними, приведенные также и на рис. 10-8—10-11.

Таблица 10-2

Таблица наиболее распространенных видов самовозбуждения и способы их устранения

Неисправность	Важнейшие причины	Устранение
Беспрерывный свист	Самовозбуждение усилителя низкой частоты из-за наличия связи между его выходом и входом	Разнесение входных и выходных цепей, экранирование входных цепей
«Моторный» шум	Связь между низкочастотными каскадами через источник анодного питания	Усиление развязывания анодных цепей усилителя низкой частоты (рис. 10-8)
Сильные искажения при двухтактном усилении низкой частоты	Высокочастотное самовозбуждение усилителя низкой частоты	Применение мер, указанных на рис. 10-9
Сильные свисты при приеме каждой станции	Самовозбуждение усилителя промежуточной частоты или всего приемника из-за связи выхода с цепями высокой частоты	Разнесение взаимодействующих цепей усилителя промежуточной частоты, экранирование сеточных и анодных проводов усилителя, а также применение мер, указанных на рис. 10-10 и 10-11
Сильные свисты и шипение на отдельных диапазонах волн	Паразитная генерация в усилителе высокой частоты, преобразователе или гетеродине	Разнесение взаимодействующих цепей, экранирование их и включение сопротивлений по схеме рис. 10-10
Микрофонный вой	Акустическое влияние громкоговорителя на блок конденсаторов переменной емкости или на другие детали гетеродина, в том числе на лампу	Амортизация вибрирующих деталей и громкоговорителя, замена ламп гетеродина и детектора
«Капающий» звук	Обрыв или чрезмерное сопротивление цепи управляющей сетки одной из ламп	Устранение обрыва, замена испорченных сопротивлений
Беспрерывный вой в батарейном приемнике	Самовозбуждение усилителя низкой частоты из-за истощения анодной батареи	Включение между зажимами батареи конденсатора 2—10 *мкф*, смена батареи

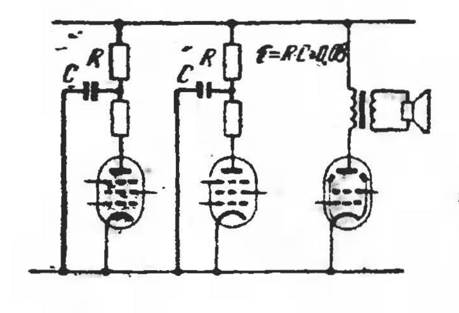


Рис. 10-8. Устранение «моторного» шума.

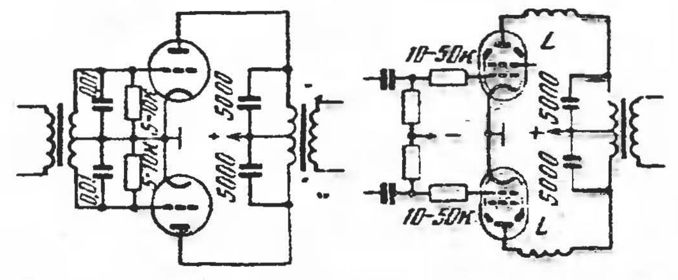
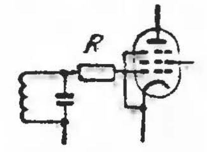


Рис. 10-9. Устранение самовозбуждения в двухтактном каскаде усилителя низкой частоты.

Катушки L содержат 10—50 витков реостатной проволоки.

Рис. 10-10. Включение защитного сопротивления. Сопротивление R надо располагать у ввода сетки (в каскадах высокой и промежуточной частоты $R = 300 \div 5000$ *ом*, в каскаде низкой частоты $R = 10 \div 200$ *ком* и в каскаде гетеродина $R = 100 \div 500$ *ом*).



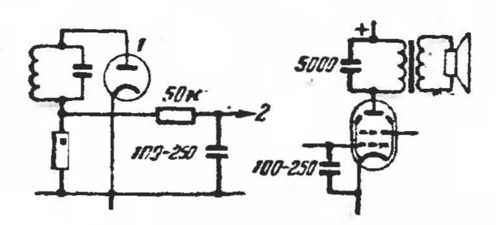


Рис. 10-11. Предотвращение высокочастотной обратной связи от каскада низкой частоты.

1 — детектор; *2* — к усилителю низкой частоты.

10-3. Общие правила устранения неисправностей

Замечание о порядке устранения дефектов. При устранении неисправности наряду с выяснением ее характера всегда следует найти ответ на вопрос: появилась ли данная неисправность в процессе эксплуатации аппарата или была свойственна ему с момента изготовления. Если, устраняя «прирожденный» дефект, можно принимать меры, затрагивающие принципиальную схему аппарата или связанные с изменением номиналов отдельных деталей, то неисправности, возникшие в процессе эксплуатации, должны устраняться лишь такими способами, которые не ведут к отклонениям от принципиальной схемы. В этом случае, заменяя испорченную деталь новой, следует подбирать деталь того же типа, что и заменяемая, потому что в радиоаппаратуре часто существенную роль играет даже конструкции детали (особенно в высокочастотных цепях).

Отметим в частности, что в современных радиовещательных приемниках, снабженных несколькими громкоговорителями, для обеспечения высокого качества звучания громкоговорители даже в пределах одного типа подбираются с определенными резонансными частотами. Поэтому, например, замена неисправного громкоговорителя новым того же типа, но без учета резонансной частоты данного экземпляра, может приводить к ухудшению акустических характеристик приемника.

Далее отметим, что современная промышленная технология изготовления радиодеталей, как правило, достаточно сложна и включает в себя многие операции, обычно недоступные в условиях радиоремонтных мастерских, как например, прессование, отжиг в специальных газовых средах, высокотемпературные обработки, пропитка в вакууме, серебрение и т. д. Такие процессы используются для достижения высоких качественных показателей радиодеталей, обеспечивающих стабильную и надежную их работу. Поэтому испорченные детали в большинстве случаев лучше всего заменять новыми и лишь при простейших, легко устранимых дефектах можно рекомендовать ремонт неисправных деталей.

К сильному снижению надежности аппарата приводит ремонт деталей, сопровождающийся вскрытием герметизированных объемов.

Если из-за недостаточного ассортимента запасных деталей приходится применять заменяющую деталь другого типа, то надо убедиться в том, что выбранная деталь соответствует заменяемой по всем параметрам, определяющим ее действие в данной цепи.

Так, например, при замене постоянного сопротивления наряду с номиналом надо сохранить допустимую мощность рассеяния. При замене конденсатора постоянной емкости нельзя снижать рабочее напряжение, брать конденсатор с худшим значением $\text{tg}\,\delta$ и другим ТКЕ (для высокочастотных цепей), с повышенной утечкой (разделительный конденсатор в низкочастотных каскадах).

Одним словом, при таких заменах следует учитывать те же соображения, что и при выборе деталей для вновь монтируемого радиоаппарата (см. гл. 9).

Взаимозаменяемость ламп и полупроводниковых приборов. При отсутствии запасной лампы или полупроводникового прибора вместо неисправного иногда приходится устанавливать прибор другого типа.

В табл. 10-3, 10-4 и 10-5 приведены данные, которыми можно руководствоваться при подобных заменах.

Таблица 10-3

Замена ламп в приемно-усилительной аппаратуре

Заменяемая лампа	Заменяющая лампа			
	эквивалент	для временной замены	с переходной колодкой	при модернизации
1А1П	—	1А2П	—	1А2П
1А2П	—	1А1П	—	—
1Б1П	—	1Б2П	—	1Б2П
1Б2П	—	1Б1П	—	—
1К1П	—	1К2П	—	1К2П
1К2П	—	1К1П	—	—
2Ж2М	—	2К2М	—	1К2П
2К2М	—	2Ж2М	—	1К2П
2П1П	—	2П2П	—	2П2П
2П2П	—	2П1П	—	—
6А7	6А10С	—	6А2П	6И1П
6А8	—	—	—	6И1П
6А10С	6А7	—	6А2П	6И1П
6Г2	—	—	6Г7	1/2 6Н2П 6Х2П
6Г7	—	—	6Г2	1/2 6Н2П 6Х2П
6Ж3	—	6К4	—	6Ж2П
6Ж4	—	—	6Ж5П	6Ж5П
6Ж5П	—	—	6Ж4	—
6Ж7	—	6К7	6Ж8	6Ж2П
6Ж8	—	—	6Ж7	6Ж2П
6К3	—	6Ж8	6К7, 6К1П	6К1П
6К4	—	6Ж3	—	6К4П
6К7	6К9С	6Л7, 6Ж7	6К3	6К4П
6К9С	6К7	6Л7, 6Ж7	6К3	6К4П
6Л7 *	—	6А7, 6А10С	—	6А2П
6Н7С	—	—	6Н1П, 6Н8С	6Н1П
6Н8С	—	—	6Н1П, 6С5С (2 шт.)	6Н1П
6Н9С	—	—	6Н2П	6Н2П
6П1П	—	—	6П6С	6П14П
6П3С	—	6П6С	6П1П	—
6П6С	—	6П3С	6П1П	6П14П
6П9	—	—	6П15П	6П15П
6С2С	—	6С5С	1/2 6Н8С	1/2 6Н1П
6С5С	—	6С2С	1/2 6Н8С	1/2 6Н1П
6Ф6С	—	6П6С	—	6П14П
6Х6С	—	—	6Х2П	6Х2П

* В однотактных схемах.

В графе «Эквивалент» указаны типы приборов, которые имеют другую марку, но по всем электрическим характеристикам тождественны заменяемому прибору, в связи с чем их установка не требует каких-либо дополнительных наладочных работ. Следует, однако, иметь в виду, что в высокочастотных каскадах небольшое отличие в междуэлектродных емкостях может иногда приводить к расстройке колебательных контуров, которую приходится иной раз устранять даже при замене прибора однотипным. Замена металлической лампы тождественной стеклянной иногда приводит к увеличению паразитных связей и самовозбуждению, которые снимаются путем экранирования стеклянной лампы.

Таблица 10-4

Взаимозаменяемость полупроводниковых диодов

Заменяемые типы	Заменяющие типы	Заменяемые типы	Заменяющие типы
ДГ-Ц1, ДГ-Ц2, ДГ-Ц12	Д2Б	ДГ-Ц25	Д7Д
		ДГ-Ц26	Д7Е
ДГ-Ц4, ДГ-Ц6	Д2Д	ДГ-Ц27	Д7Ж
ДГ-Ц5, ДГ-Ц7, ДГ-Ц13, ДГ-Ц14	Д2Г	Д101	Д104
		Д101А	Д104А
ДГ-Ц8	Д2В	Д102	Д105
ДГ-Ц21	Д7А	Д102А	Д105А
ДГ-Ц22	Д7Б	Д103	Д106
ДГ-Ц23	Д7В	Д103А	Д106А
ДГ-Ц24	Д7Г		

Примечание. Кроме того, возможна взаимная замена любых диодов в пределах типов Д1, Д2 и Д9, при условии, что допустимое обратное напряжение и выпрямленный ток (а также прямой ток) у заменяющего диода имеют значения не ниже, чем у заменяемого.

Таблица 10-5

Взаимозаменяемость транзисторов

Заменяемый тип	Заменяющий тип	Заменяемый тип	Заменяющий тип
П1А	П13	П6А	П13
П1Б	П13	П6Б	П13
П1В	П13	П6В	П14
П1Г	П13А	П6Г	П13А
П1Д	П13Б	П6Д	П13Б
П1Е	П13	П12	П19
П1Ж	П14	П13	П6А
П1И	П15	П13А	П6Г
П3А	П202, П203	П13Б	П6Д
П3Б	П202, П203	П14	П6Г
П3В	П202, П203	П19	П12
П5А	П13	П406	П408
П5Б	П14	П407	П409
П5В	П13А	П408	П406
П5Г	П13Б	П409	П407

В графе «Для временной замены» указаны типы приборов, которые по основным характеристикам близки к заменяемым и обычно обеспечивают работоспособность аппарата без дополнительных регулировок, но могут все же несколько ухудшить его характеристики. Такую замену целесообразно делать как временную при отсутствии прибора необходимого типа.

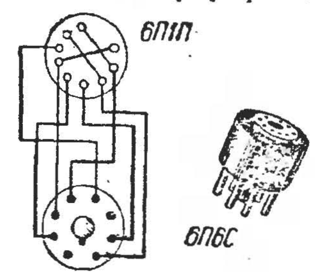


Рис. 10-12. Схема соединений и внешний вид переходного цоколя для замены лампы.

В графе «С переходной колодкой» указаны типы ламп, или эквивалентные заменяемой, или близкие к ней, но имеющие иную цоколевку, в связи с чем замена возможна при применении специального переходного цоколя (рис. 10-12). Если исходный тип лампы устарел и снят с производства, то уместно вместо применения переходного цоколя переставить прямо ламповую панельку.

Использование переходных цоколей для ламп высокочастотных каскадов нежелательно, так как при этом увеличиваются паразитные емкости и индуктивности, приводящие к расстройке колебательных контуров и образованию паразитных связей.

В графе «При модернизации» указаны типы ламп, установка которых, как правило, требует определенных переделок в монтаже, под-

гонки нового режима питания и может затрагивать даже принципиальную схему. Такая замена целесообразна главным образом, когда требующая замены лампа безнадежно устарела и более не выпускается, а также при капитальной модернизации аппарата.

После любой замены ламп или транзистора надо обязательно убедиться в том, что режим питания их соответствует нормам и что не произошло расстройки колебательных контуров, связанных с замененным прибором.

Заключительный этап ремонта. Заключительный этап ремонта состоит в испытании отремонтированного аппарата на соответствие техническим требованиям (техника проведения таких испытаний описывается в гл. 12). В ходе этих испытаний может обнаружиться надобность в дополнительном налаживании аппарата, в частности — в подстройке колебательных контуров (методы настройки колебательных контуров излагаются в гл. 11).

Для облегчения последующего технического обслуживания отремонтированного аппарата по окончании ремонта надо сделать соответствующие отметки в технической документации, прилагаемой к аппарату. Если в ходе ремонта были заменены некоторые детали с изменением их типов или электрических характеристик, то следует внести соответствующие исправления в принципиальную схему и спецификацию.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

НАСТРОЙКА КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ КОНТУРОВ ПРИЕМНИКОВ

11-1. Общие правила настройки колебательных контуров

О необходимости подстройки колебательных контуров приемника при условии, что в нем устранены повреждения, искажающие режим ламп или обусловленные наличием паразитных связей, можно судить по несоответствию градуировки шкалы настройки, пониженной или неравномерной по диапазонам чувствительности и плохой избирательности.

Единой схемы для настройки контуров приемников различных типов не существует, но при всякой подстройке их различают четыре вида операций: 1) настройка одного или нескольких контуров на какую-либо фиксированную частоту (в каскадах промежуточной частоты, контурах заграждающих фильтров и в приемниках с фиксированной настройкой); 2) согласование резонанса между одновременно настраивающимися несколькими контурами (в приемниках прямого усиления и высокочастотной части супергетеродина); 3) сопряжение кривой настройки с градуировкой шкалы и 4) регулировка избирательности приемника. Все ли или только некоторые из этих операций подлежат выполнению — зависит от типа приемника и его состояния.

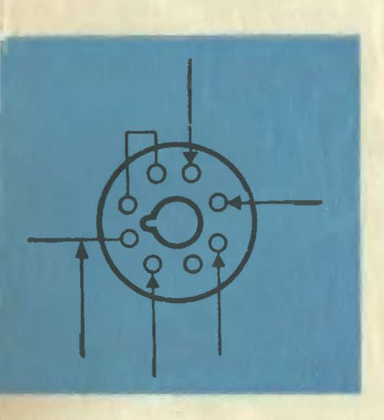
У приемников прямого усиления различают антенный или входной контуры, контуры усилителей высокой частоты и контур детектора с обратной связью или без нее, а у супергетеродинных приемников — высокочастотные контуры (перед преобразователем частоты), контур гетеродина и контуры промежуточной частоты (последний из них — контур детектора). Кроме того, во многих приемниках имеются заграждающие контуры, включенные обычно сразу за антенным гнездом.

В. К. ЛАБУТИН

КНИГА РАДИО-МАСТЕРА



Цена 1 р. 60 к.



В. К. ЛАБУТИН

КНИГА РАДИОМАСТЕРА

